



**HAL**  
open science

## Innovations pour la protection des cultures de pomme de terre vis-à-vis de maladies et de ravageurs majeurs ou émergents

Y. Le Hingrat, A. Le Roux-Nio, V. Hélias, E. Huchet, A. Laurent, B. Morel,  
D. Gaucher, P. Taupin, G. Anthoine, S. Gamel, et al.

### ► To cite this version:

Y. Le Hingrat, A. Le Roux-Nio, V. Hélias, E. Huchet, A. Laurent, et al.. Innovations pour la protection des cultures de pomme de terre vis-à-vis de maladies et de ravageurs majeurs ou émergents. *Innovations Agronomiques*, 2014, 34, pp.141-156. 10.17180/9we0-1y24 . hal-04666817

**HAL Id: hal-04666817**

**<https://hal.inrae.fr/hal-04666817v1>**

Submitted on 2 Aug 2024

**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.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

## Innovations pour la protection des cultures de pomme de terre vis-à-vis de maladies et de ravageurs majeurs ou émergents

Le Hingrat Y.<sup>1</sup>, Le Roux-Nio A.C.<sup>1,2</sup>, Hélias V.<sup>1,2</sup>, Huchet E.<sup>1,2</sup>, Laurent A.<sup>1,2</sup>, Morel B.<sup>1,2</sup>, Gaucher D.<sup>3</sup>, Taupin P.<sup>3</sup>, Anthoine G.<sup>4</sup>, Gamel S.<sup>4</sup>, Andrivon D.<sup>2</sup>, Verjux N.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> FN3PT (Fédération Nationale des Producteurs de Plant de Pomme de Terre) / RD3PT, UMT InnoPlant, 43-45, rue de Naples, 75009 Paris

<sup>2</sup> INRA (UMR 1349 IGEPP), UMT InnoPlant, BP 35327, 35653 Rennes-Le Rheu

<sup>3</sup> ARVALIS-Institut du végétal - Station expérimentale, 91720 Boigneville

<sup>4</sup> ANSES-LSV (Laboratoire Santé des Végétaux), Unité de nématologie, BP 35327, 35653 Rennes-Le Rheu

Correspondance : [yves.lehingrat@fnppt.fr](mailto:yves.lehingrat@fnppt.fr)

### Résumé

Le projet visait à prévenir l'introduction et maîtriser le développement de pathogènes et ravageurs majeurs ou (ré) émergents sur les productions de pomme de terre, grâce à la mise en place d'outils de détection performants, d'analyse des risques et de développement de nouvelles méthodes de lutte.

Les principales avancées ont porté 1) pour les nématodes à galle, sur la validation d'outils d'identification des espèces de *Meloidogyne* et l'amélioration des techniques de détection sur tubercules de pomme de terre et dans le sol, 2) pour les bactéries pectinolytiques responsables de la maladie de la jambe noire, sur l'évaluation d'outils moléculaires et le développement d'une méthode innovante de type CAPS pour caractériser les bactéries du genre *Dickeya*, parmi lesquelles la nouvelle espèce *D. solani* 3) en matière de lutte contre le mildiou de la pomme de terre, l'évaluation des biopesticides, seuls ou associés à des doses réduites de fongicides, avec des résultats encourageants avec des phosphites, en conditions de pression de maladie modérée, 4) sur les taupins, une efficacité limitée des traitements étudiés et la mise en place d'enquêtes parcellaires qui ont été poursuivies dans un nouveau projet taupins multicultures sur la prévision de risque et les moyens de lutte.

**Mots-clés** : pomme de terre, détection, diagnostic, identification, méthodes PCR, biocontrôle, risque sanitaire, nématodes, bactéries, jambe noire, mildiou, taupins

### Abstract: Innovative tools for the management of important potato pests and diseases

The project aimed to prevent the introduction and the development of major or (re)emerging pests and diseases on potato crops, thanks to the implementation of detection tools, of risk analysis and development of new control methods. The main progresses focused 1) on the validation of tools for the identification of root-knot nematodes *Meloidogyne* species and improvement of detection techniques on potato tubers or in soil, 2) on the evaluation of molecular detection tools and development of an innovative Cleaved Amplified Polymorphism Sequences method to detect specifically the causing blackleg *Dickeya* species, 3) on the assessment against potato late blight of biopesticides, associated or not with reduced fungicides doses, with encouraging results with phosphites, in low disease pressure conditions, 4) on wireworms, a limited effectiveness of treatments and implementing field surveys which have been developed in a new wireworms project on risk forecasting and control in different crops.

**Keywords**: potato, detection tools, diagnostic, identification, PCR tests, biocontrol, sanitary risks, nematodes, bacteria, blackleg, late blight, wireworms

## Introduction

La pomme de terre est, du fait notamment de sa multiplication végétative, de la terre adhérente aux tubercules ainsi que d'importants échanges commerciaux, une culture au large cortège parasitaire (FN3PT et al, 2012), avec d'importantes mesures réglementaires visant à éviter la dissémination d'agents pathogènes (Directive européenne 2000/29/CE, Arrêté du 31 juillet 2000) et par exemple près de 40 pathogènes pris en compte pour la certification du plant de pomme de terre.

Ce programme vise à prévenir l'introduction et maîtriser le développement de certaines maladies et ravageurs sur les productions de pomme de terre en se focalisant sur les bioagresseurs émergents actuellement en Europe, notamment sur cette culture, comme les nématodes à galle (Mugniery, 2009) et les bactéries, *Pectobacterium* et *Dickeya* – anciennement dénommés « *Erwinia* », agents de la jambe noire et de pourriture molle (Hélias, 2008 ; Toth et al., 2011 ; Van der Wolf et al., 2014), mais aussi d'approfondir les méthodes de détection et de lutte sur certains parasites de la pomme de terre, classiques, mais toujours préoccupants comme le mildiou (Rakotonindraina, 2012) et les taupins (Dedryver et al., 2009).

L'objectif est de conforter ainsi l'état sanitaire privilégié du territoire français, en permettant à la fois d'avancer dans les connaissances d'amont sur ces bioagresseurs, de mettre en place des outils performants de détection et de prévision de risque de ces parasites et de développer de nouvelles perspectives de lutte raisonnée et préservant l'environnement vis-à-vis de ces bioagresseurs.

Le programme de travail s'articule autour des **quatre types de bioagresseurs**, en visant la mise au point de solutions innovantes répondant aux principaux enjeux de la filière (Tableau 1).

**Tableau 1** : Bioagresseurs et thématiques de travail associées du projet (photos FN3PT et ASF)

Cible	Objectifs	Travaux réalisés	Partenaires
<b>Nématodes à galle</b> 	Détection, risques épidémiologiques et méthodes de lutte contre les <b>nématodes à galle du genre <i>Meloidogyne</i></b>	-Validation d'outils d'extraction, de détection et d'identification dans différentes matrices (nématodes, tubercules, sol)	FN3PT ANSES-LSV
<b>Bactéries pectinolytiques</b> 	Développement d'outils de détection, caractérisation et quantification des bactéries des genres <b><i>Pectobacterium</i></b> et <b><i>Dickeya</i></b> en lien avec le risque de la maladie de la <b>jambe noire</b>	-Evaluation d'outils de caractérisation et (semi) quantification bactérienne -Acquisition de données de séquences d'une collection de souches de <i>Dickeya</i> -Mise au point d'une technique de caractérisation de <i>Dickeya</i> et application en épidémiologie sur les cultures de plants	FN3PT INRA (+ réseau de collaborations)
<b>Mildiou (<i>P. infestans</i>)</b> 	Stratégies de luttes alternatives contre le <b>mildiou</b> de la pomme de terre ( <b><i>Phytophthora infestans</i></b> )	-Acquisition de références sur SDP (stimulateurs de défense des plantes) -Evaluation au champ pluriannuelle de biopesticides, seuls ou associés	ARVALIS et fournisseurs d'agents de biocontrôle
<b>Taupins</b> 	Méthodes de lutte contre les <b>taupins (<i>Agriotes</i>)</b>	- Piégeage et suivi en parcelles - Tests de produits insecticides	ARVALIS et réseau essais plant et consommation

## 1. Détection et stratégies de lutte contre les nématodes à galle

*Meloidogyne chitwoodi* et *M. fallax* sont des nématodes phytoparasites qui provoquent la formation de galles sur les racines et/ou les tubercules des plantes hôtes. Ils affectent le rendement et déprécient la qualité des cultures sensibles (pomme de terre, carotte, scorsonère..). Ces parasites sont classés sur la liste des organismes de quarantaine au sein de l'Union européenne et font donc l'objet d'une lutte obligatoire. Compte tenu de leur large gamme d'hôtes et de leurs pouvoirs de multiplication et de dissémination importants, il est très difficile de les éliminer (Mugniery, 2009). La prévention, reposant sur le contrôle du matériel introduit ou la gestion des apports extérieurs, reste le meilleur moyen pour se prémunir (Le Roux-Nio, 2011).

### 1.1. Méthodes de travail utilisées

L'un des objectifs du projet était d'améliorer les méthodes de détection et d'identification de ces nématodes, afin de renforcer les programmes de surveillance en production de plants et vis-à-vis de l'introduction de matériel à risque. Un travail de recherche et transfert a été conduit dans ce sens en partenariat entre la FN3PT et l'ANSES (Laboratoire de la Santé des Végétaux - Unité de nématologie de Rennes) portant sur les missions suivantes :

- évaluation d'outils moléculaires d'identification de différentes espèces de *Meloidogyne*;
- évaluation d'une méthode d'extraction et détection de *Meloidogyne* sp. sur tubercules de pomme de terre;
- participation aux travaux d'évaluation de la détection de *M. chitwoodi* et *M. fallax* dans des échantillons de sol par PCR temps réel et étude sur l'adaptation en analyse de routine ;
- acquisition de compétences en nématologie en vue du transfert à terme des outils vers la filière.

### 1.2. Résultats

#### 1.2.1. Evaluation d'outils moléculaires pour identifier *Meloidogyne chitwoodi* et *M. fallax*

Les tests utilisés pour statuer sur l'état sanitaire d'un échantillon passent par l'isolement des individus et leur identification selon des critères morphologiques associés ou non à des tests biochimiques (Le Roux-Nio *et al* 2011). Les observations sont non seulement très délicates, car les différentes espèces du genre *Meloidogyne* sont proches morphologiquement, mais elles sont aussi très consommatrices en temps et nécessitent une très grande expérience de la part des analystes ; elles sont donc difficilement applicables sur un grand nombre d'échantillons. Depuis quelques années, les outils moléculaires se sont développés et sont de plus en plus souvent utilisés pour l'identification des nématodes, en complément de la morphologie. Ce programme a permis d'évaluer plusieurs méthodes moléculaires publiées pour identifier les espèces *M. chitwoodi* et *M. fallax* à partir de différents stades de développement (larve de stade J2, mâle et femelle) afin de cibler les tests les plus performants et les mieux adaptés pour une application en analyse de routine. Les critères d'évaluation pris en compte sont la **sensibilité** (seuil limite de détection de la cible), la **répétabilité** (évaluant si la méthode donne des résultats identiques en limite de détection sur plusieurs réplicats), la **reproductibilité** (qui détermine si la méthode donne des résultats identiques lorsqu'elle est appliquée en limite de détection dans des conditions différentes) et la **spécificité** (qui vérifie que la méthode donne un résultat positif pour toutes les populations de l'espèce ciblée et un résultat négatif pour les autres).

Les résultats (Figure 1) montrent que le test JMV1-JMV2 est le plus performant vis-à-vis des critères évalués dans cette étude. De plus, il permet de détecter une larve de *M. chitwoodi* et *M. fallax*, même en mélange avec des larves d'autres espèces comme *M. hapla*. Ce test peut donc être proposé pour réaliser des analyses d'identification des deux espèces de quarantaine.

### Synthèse des résultats de l'évaluation des outils moléculaires

Référence de la Méthode	Meilleurs seuils obtenus selon les critères			Spécificité	
	Sensibilité	Répétabilité (100%)	Reproductibilité (100%)	Cible	Autres
Wishart et al., 2002 (JMV1-JMV2)	1 J2	1 J2	1 J2	100%	97%
	1 J2	1 J2	1 J2	100%	100%
PCR 18S-26S Zijlstra et al., 1995	1 J2	2 J2	2 J2	99%	100%
	1 J2	2 J2	2 J2	99%	100%
RFLP (DraI et RsaI)	1 J2	2 J2	2 J2	92%	100%
	1 J2	2 J2	2 J2	100%	100%
Zijlstra, 2000 (Fc2-Rc et Ff2-Rf)	2 J2	5 J2	5 J2	80%	100%
	1 J2	2 J2	2 J2	100%	100%

■ *M. chitwoodi*      ■ *M. fallax*

Figure 1 : Evaluation synthétique des outils moléculaires d'identification de *M. chitwoodi* et *M. fallax* (FN3PT-ANSES)

### 1.2.2. Détection dans les tubercules de pomme de terre

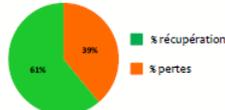
L'observation des tubercules ne suffit pas à déterminer si un lot est contaminé ou non et l'expression de la maladie dépend de différents facteurs comme le taux d'infestation, la variété,... Il est donc important d'avoir des méthodes de détection fiables de *M. chitwoodi* et *M. fallax* pour l'analyse de tubercules. Les protocoles couramment utilisés sur pomme de terre consistent à prélever des pelures sur les tubercules de façon à récupérer les femelles et les masses d'œufs présents sous l'épiderme. Les échantillons sont ensuite digérés avec un mélange enzymatique. Après centrifugation, les femelles de *Meloidogyne* sp. sont récupérées et détectées par analyse morphologique puis identifiées par morphobiométrie et biologie moléculaire ou par analyse du profil isoenzymatique.

- Evaluation des étapes critiques de la méthode d'extraction après ajout de 10 femelles aux étapes 1 ou 2 ou 3.

#### Extraction des femelles de *Meloidogyne* par digestion enzymatique :



% de récupération et de perte de nématodes avec la méthode



% de perte par étape



- Evaluation de l'échantillonnage sur tubercules en testant ≠ prélèvements (A, B et C) sur un échantillon contaminé

Nombre moyen de femelles récupérées selon les modalités (10 répétitions)



A : fine pelure au talon



B : fine pelure sur le côté



C : pelure épaisse sur le côté (5 mm)

Figure 2 : Evaluation de méthodes d'extraction de femelles de *Meloidogyne* sp. à partir de pelures de tubercules (Gamel et al, 2011)

Des prélèvements de pelures effectués sur des tubercules issus d'un lot contaminé par *M. chitwoodi* montrent qu'une épaisseur de pelure de 5-6 mm permet de récupérer un nombre de femelles plus important que sur des pelures fines prélevées au talon ou sur le côté du tubercule (Figure 3). Ces résultats confirment ceux obtenus par Viaene *et al.* (2007). Toutefois, quel que soit le type de prélèvement effectué (talon, côté), la capacité de détection n'est pas affectée (détection d'au moins une femelle de *Meloidogyne* sp.). Le taux de récupération des femelles de *Meloidogyne* après digestion enzymatique est de l'ordre de 60%. car des individus sont perdus à chaque étape et majoritairement lors de la centrifugation.

### 1.2.3. Détection dans le sol

Les différentes méthodes d'extraction des nématodes à partir d'échantillons de sol reposent sur la propriété du nématode à se mouvoir (entonnoir de Baermann) ou sur la densité et la taille du nématode (Seinhorst, éluatrieur d'Oostenbrinck, centrifugation). Elles peuvent être associées ou non à des étapes d'incubation (sur la partie organique) et/ou de centrifugation (OEPP, 2009).

L'extrait de sol récupéré à l'issue de ces traitements est observé sous loupe. Les nématodes sont identifiés selon des critères morphologiques associés ou non à des amplifications d'ADN par PCR conventionnelle sur individus isolés. Une autre méthode, beaucoup plus rapide, consiste à extraire l'ADN total de l'échantillon de sol et à effectuer des amplifications par PCR temps réel avec l'outil mis au point par Blgg AgroXpertus (et commercialisé par Clear Detection®) aux Pays-Bas. Ces deux méthodes ont été comparées sur des échantillons de sols naturels prélevés dans le cadre de gestion de foyers. Pour 10% des échantillons analysés, seule la méthode PCR temps réel a permis la détection de *M. chitwoodi* et *M. fallax*. L'avantage de l'analyse directe des extraits de sols, outre sa plus grande sensibilité, est sa rapidité d'exécution. Par contre, elle cible directement des espèces et ne permet pas de connaître la nématofaune totale présente dans l'échantillon. Cette méthode peut donc être appliquée sur des échantillons de sol pour des surveillances de foyers ou en analyse pré-implantatoire.

Au final, ce travail a permis de clarifier les performances des différentes techniques selon les critères recherchés et en fonction de l'objectif d'une détection large de l'ensemble des nématodes à galle ou au contraire d'une détection spécifique de *M. chitwoodi* et *M. fallax*. Ce travail de fond a permis de valider des outils moléculaires pour l'identification des différentes espèces de *Meloidogyne* et de participer à la validation d'une technique de détection dans le sol par PCR temps réel. De même, des travaux d'évaluation (sensibilité) de différentes méthodes de détection sur tubercules et sur sols ont été menés et pourront être transférés. Différentes publications ont permis de valoriser ces travaux au niveau scientifique (Gamel *et al.*, 2011; Gamel *et al.*, 2013) ainsi que pour l'évolution des méthodes officielles françaises. Enfin, en complément de ce projet, l'ANSES et la FN3PT ont organisé le 12 décembre 2011, en France, une réunion de restitution du projet européen Euphresco (*Detection and management of the quarantine nematodes Meloidogyne chitwoodi and Meloidogyne fallax in the EU member states ; 2010-2011*).

Ces techniques pourront être exploitées aussi à l'avenir pour étudier des méthodes de lutte efficaces contre ces nématodes, en installations confinées ou au champ (sous réserve d'un accord des autorités sanitaires compte tenu du statut de quarantaine de ces nématodes, qui n'a pu être obtenu dans le cadre de ce projet).

## 2. Outils de détection et caractérisation des bactéries pectinolytiques

Ce volet visait à développer des outils de détection et quantification afin de cibler les risques associés aux bactéries des genres *Dickeya* et *Pectobacterium* responsables de la maladie de la jambe noire, qui demeure une préoccupation importante pour la filière pomme de terre du fait de dégâts provoqués : flétrissements, pourritures de tiges et de tubercules. Des travaux récents conduits en France et à l'étranger ont montré un accroissement de la diversité des bactéries dommageables sur cette culture. On considère que désormais les bactéries *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* (*Pcc*), et

*Dickeya* (*D*) représentent une part non négligeable des pathogènes identifiés sur les symptômes en végétation (jambe noire) au même titre que *Pectobacterium atrosepticum* (*Pa*), initialement majoritaire sous nos climats tempérés (Hélias, 2012).

L'émergence rapide depuis les années 2005-2009 en Europe d'une nouvelle espèce, *Dickeya solani* (van der Wolf, 2014; Hélias *et al.*, 2012) a conduit à se focaliser dans un premier temps plus particulièrement sur le genre bactérien *Dickeya*. Il est apparu dès lors indispensable de disposer d'outils capables d'identifier les deux espèces de *Dickeya* présentes en culture de pomme de terre en Europe : *D. dianthicola*, seule espèce du genre initialement décrite sur cette culture et *D. solani* nouvelle espèce émergente en Europe et au-delà.

A terme, le développement d'outils pour quantifier les agents pathogènes cibles et particulièrement les contaminations latentes sur les tubercules de semence doit permettre de conduire des études épidémiologiques pour comprendre d'une part le processus des contaminations bactériennes des cultures, dès les premières étapes de multiplication du plant de pomme de terre, et d'autre part de pouvoir hiérarchiser les facteurs (pédoclimatiques, culturaux...) intervenant dans le développement de la maladie.

### 2.1. Méthodes de travail utilisées

Les objectifs du projet, portant sur *Dickeya*, conduit par la FN3PT et l'INRA, ont consisté à :

- recenser et évaluer des outils existants pour la caractérisation et la quantification des principales bactéries responsables de la jambe noire appartenant au genre *Dickeya* (*D. solani*, *D. dianthicola*), en se basant sur des données et informations disponibles, publiées ou communiquées par les équipes les ayant mises au point, dans le cadre d'échanges et collaborations scientifiques internationales;
- développer un outil en propre permettant une détection spécifique des espèces bactériennes cibles. Cette étape rendue indispensable par le manque de fiabilité des méthodes disponibles a nécessité l'acquisition de données sur la diversité génomique des bactéries. La stratégie choisie a consisté à cibler des gènes impliqués dans la pathogénicité des bactéries via des pectinases, particulièrement les pectate lyases. Les données de séquençage ont été utilisées pour développer des méthodes d'identification spécifiques de *D. solani* et *D. dianthicola*.

### 2.2. Résultats obtenus

#### 2.2.1. Evaluation des outils existants pour la caractérisation et quantification bactériennes

Une évaluation des outils de PCR en temps réel développés par des laboratoires étrangers (van der Wolf, not published, Elphinstone *et al.*, 2011) pour *D. solani* et *D. dianthicola* a été réalisée au début du projet sur une large collection de souches, en utilisant des souches types représentatives des six espèces de *Dickeya* (Samson *et al.*, 2005), de souches de référence de *D. solani* issues d'une collection européenne et des souches de *D. solani* et *D. dianthicola* issues des inventaires successifs en culture de pomme de terre en France. Ce travail a montré un manque de spécificité ou de robustesse des outils pour une application sur des échantillons complexes (tubercules, tiges). Le manque de fiabilité a d'ailleurs été, pour certains d'entre eux, confirmée par la suite par leur auteurs (Van der Wolf, com. personnelle). Compte tenu des résultats, il a été décidé de développer des outils plus adaptés aux bactéries recherchées *D. solani* et *D. dianthicola*.

#### 2.2.2. Développement d'un outil de diagnostic CAPS (Cleaved Amplified Polymorphism Sequences) spécifique de *D. solani* et *D. dianthicola*:

Le séquençage de gènes de pectinases impliqués dans la pathogénicité des bactéries a été conduit sur une sélection de souches incluant des souches de références représentant l'ensemble des espèces de *Dickeya* (Samson *et al.*, 2005) et incluant des souches de *D. solani* provenant d'une 'core collection' européenne.

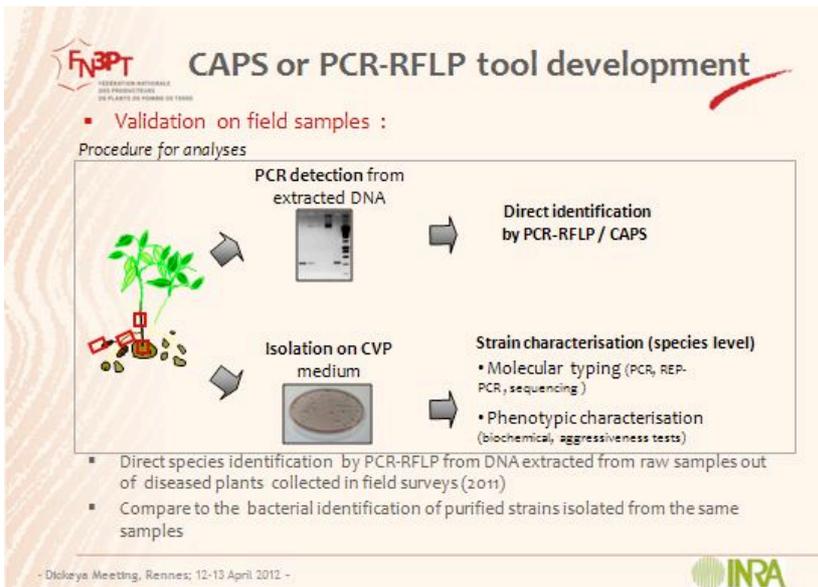
Les analyses des données de séquençage obtenues ont permis de cibler les zones génomiques

présentant un polymorphisme exploitable pour le développement d'une méthode innovante CAPS (*Cleaved Amplified Polymorphism Sequences*) visant à détecter les deux espèces de *Dickeya* décrites en Europe sur pomme de terre. Ainsi, l'identification se fait après restriction du produit d'amplification avec l'obtention de bandes spécifiques pour *D. solani* et *D. dianthicola* (fragments respectivement de taille 350 pb et 220 pb (Figure 3)).



**Figure 3 :** Profils CAPS pour la caractérisation spécifique de *D. solani* et *D. dianthicola*

Initialement mise au point sur une collection de souches de références, la fiabilité de la technique a ensuite été validée sur une large collection de souches de *D. solani* et *D. dianthicola* provenant de prospections de terrain, introduites seules ou en mélange. L'identification par CAPS de l'ensemble des souches concorde totalement avec les résultats d'identification de ces mêmes souches obtenus par les tests biochimiques (Samson *et al.*, 2005) et REP-PCR (Tsrör *et al.*, 2009). La technique s'est également montrée parfaitement adaptée pour une application directe (Figure 4) sur des matrices complexes infectées (plantes, eau).



**Figure 4 :** Procédure de validation de la méthode CAPS sur des échantillons provenant de parcelles

Cet outil CAPS permet une identification simple, rapide (3 heures) et sans équipement spécifique des deux espèces actuellement connues sur pomme de terre en France. Elle permet, un diagnostic direct des espèces de *Dickeya* à partir d'organes malades (tubercules, tiges par exemple), contrairement à d'autres techniques d'identification décrites (Samson *et al.*, 2005, Tsrör *et al.*, 2009) qui nécessitent un isolement préalable des bactéries. La technique a également pu être appliquée avec succès pour identifier les bactéries présentes de façon latente sur les tubercules ainsi que dans le cadre de travaux épidémiologiques conduits en collaboration avec une équipe suisse (Dewerra et Hélias, 2013).

Ces travaux ont fait l'objet de communications scientifiques, notamment dans le cadre du réseau d'experts européens Euphresco ou lors du workshop international sur les *Dickeya* organisé à Rennes

en avril 2012 (Hélias et Morel, 2012), et d'une présentation synthétique sur les sites [www.plantdepommedeterre.org](http://www.plantdepommedeterre.org) et [www.umt-innoplant.fr](http://www.umt-innoplant.fr).

La technique CAPS développée facilitera la mise en place de programmes d'épidémiologie pour suivre l'évolution des souches de *Dickeya* dans les cultures, voire alerter en cas d'apparition de nouveaux profils de restriction. Le transfert de la technique est envisagé à moyen terme vers les laboratoires de contrôle et certification des plants de pomme de terre. Le travail d'évaluation et de mise au point d'outils conduit sur *Dickeya* mériterait d'être élargi aux espèces de *Pectobacterium*, dommageables pour la pomme de terre.

### 3. Méthodes alternatives de lutte contre le mildiou

Le programme proposé visait essentiellement à identifier et mettre au point de nouvelles méthodes de protection de la culture en renforçant la connaissance de l'efficacité des biopesticides tels que les SDN (stimulateurs des défenses naturelles), les organismes antagonistes ou d'autres biomolécules. Les premiers résultats disponibles (2007 et 2008) ont permis d'identifier l'intérêt de certains SDN en combinaison avec des produits phytopharmaceutiques mais montrent également une forte variabilité des réponses. Il s'agissait ici de compléter notre connaissance sur les biopesticides (Duvauchelle et Bernard, 2004; Regnault-Roger *et al.*, 2008) et de mettre au point leur mode d'emploi dans des programmes d'intervention.

Par ailleurs, ARVALIS - Institut du végétal et la Protection des Végétaux ont mis au point un outil d'aide à la décision à l'échelle de la parcelle Mileos®, né de la fusion de Mildi-LIS® et de MilPV® en 2008 (Jaunatre *et al.*, 2011). Mileos® allie les fonctionnalités de chacun des outils précédents, depuis les modèles épidémiologiques jusqu'à la convivialité de l'interface en passant par le degré de précision des recommandations : à la parcelle et jusqu'au type de produit préconisé (mais sans intégrer les biopesticides).

Le programme comprenait deux volets principaux :

- la réalisation et la synthèse d'expérimentations sur l'efficacité des biopesticides,
- si l'intérêt est confirmé, l'introduction de ces produits dans l'outil d'aide à la décision Mileos®

#### 3.1. Méthodes de travail utilisées

La réalisation de cette tâche a nécessité la mise en place de un ou deux essais mildiou de la pomme de terre par an. Ils étaient réalisés en conditions semi-contrôlées avec brumisation et contamination artificielle afin de rendre comparables les résultats des différentes années et différents sites. Pour chacun des sites, une station météorologique a permis de quantifier le risque mildiou par l'utilisation de l'outil d'aide à la décision Mileos® tout au long des différents essais afin de repérer les périodes de risques très forts ou plus modérés.

Les modalités ont été très variables suivant les années mais on peut dégager des grands groupes :

- un fort tronc commun de modalités à base de phosphite (SDN) associé à des doses réduites de fongicides,
- des produits naturels, à base d'extraits de plantes pour simuler l'attaque par le pathogène et provoquer ou potentialiser une réaction de défense,
- des produits à base d'extraits de différents agents pathogènes (effet vaccin).

#### 3.2. Résultats obtenus durant les trois années du projet

Les résultats obtenus durant les trois années sont cohérents entre eux et permettent de dégager des tendances intéressantes (Gaucher *et al.*, 2011 ; Gaucher et Beauvallet, 2011 ; Jacquin, 2011 ; Martin, 2010).

L'analyse de l'AUDPC des essais de 2010 (Figure 5) et 2011 montre des différences significatives entre le témoin non traité, la demi-dose (Ref 50%) et la pleine dose (Ref 100%) de fongicide.

L'objectif de ces essais était de tester de nombreux produits potentiellement intéressants d'après la bibliographie. Malheureusement, beaucoup se sont avérés inefficaces ou très peu efficaces (SDN1 et SN2 par exemple) et seuls les produits contenant des phosphites ont montré un intérêt. Ces essais ont aussi permis d'affiner le mode d'emploi des phosphites et en particulier la dose à appliquer en association avec des doses réduites de fongicides (1/3 ou 1/2 dose). Les différentes formulations de phosphite testées semblent assez proches en termes d'efficacité contre le mildiou.

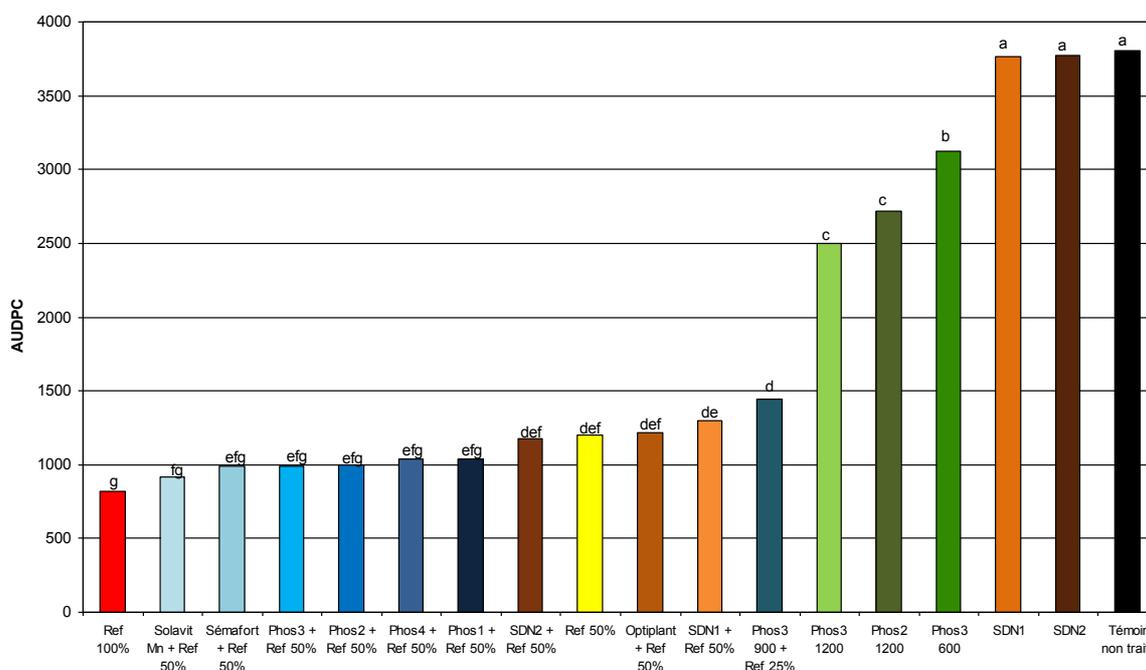
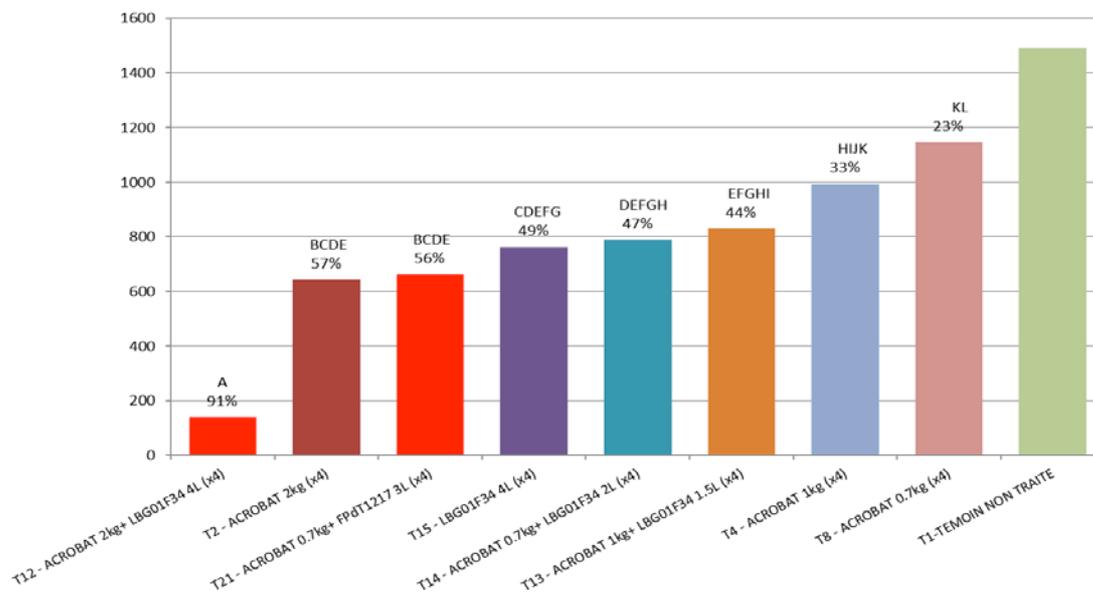


Figure 5 : Efficacité des produits alternatifs contre le mildiou de la pomme de terre (AUDPC- Boigneville 2010)

L'analyse des AUDPC de l'essai de 2012 (Figure 6) montre des différences significatives entre le témoin non traité, le tiers de dose (Ref 33%), la demi-dose (50%) et la pleine dose (Ref 100%) de fongicide dès la première notation. En association avec un tiers ou une demi-dose de fongicide, ces produits ont montré une efficacité intermédiaire entre la pleine dose de fongicide et les doses réduites seules. Cependant, en tendance, les résultats confirment ceux des années passées. Utilisés en association avec un fongicide, les phosphites permettent d'obtenir une bonne protection contre le mildiou.



**Figure 6** : Efficacité des produits alternatifs contre le mildiou de la pomme de terre (en AUDPC -Boigneville 2012)

### 3.3 Conclusion et discussion

Dans les différents essais testant des traitements alternatifs valorisant des SDP, nous avons pu constater que l'utilisation de phosphites seuls permettait d'apporter une efficacité moyenne dans la lutte contre le mildiou. Cependant, elle ne constitue pas un moyen de protection efficace à elle seule. Seules les stratégies de mélanges de doses réduites de fongicides avec des phosphites apportent une efficacité similaire à celle des fongicides actuels. Utilisés de 600 à 750 g de PO<sub>3</sub> / ha en association avec une demi-dose ou à 900 à 1000 g de PO<sub>3</sub> / ha avec un tiers de dose de fongicide de référence, les phosphites peuvent constituer une solution aussi efficace qu'une pleine dose de fongicide. De plus, il s'agit d'une solution réalisable économiquement pour la plupart des produits à base de phosphites. Le coût d'un traitement serait entre 23 et 30 € / ha selon les produits, sachant que le coût de la référence fongicide choisie dans ces essais se situe en moyenne à 25 €.

Un autre produit naturel (FPdT 1217 = Kendal) a, pour l'instant, montré des résultats très intéressants, aussi efficace que les phosphites voire plus, mais cela devra être confirmé par des essais complémentaires.

Compte tenu des résultats et de l'absence d'homologation pour ces produits, l'intégration à Mileos® n'a pas été réalisée pendant le projet. Une évolution réglementaire devrait permettre de savoir si ces produits, en particulier les phosphites, doivent recevoir une homologation et sous quelles conditions. Actuellement, seules quelques entreprises sont intéressées pour homologuer des phosphites comme produits phytosanitaires mais les dossiers sont trop peu avancés pour les intégrer dès à présent dans Mileos®.

## 4. Méthodes de lutte contre les taupins

On observe une recrudescence de problèmes de taupins depuis plus de dix ans sur de nombreuses cultures légumières et grandes cultures (maïs, betterave, tournesol, céréales à paille, colza autrefois épargné, pomme de terre...). Ces problèmes peuvent être la conséquence, pour partie de l'abandon des traitements de sol en plein (comme le lindane interdit d'emploi depuis le 1<sup>er</sup> juillet 1998) (Dedryver et al., 2009) mais aussi du développement, en particulier dans la moitié Sud de la France, des

populations de l'espèce de taupin *Agriotes sordidus*, à cycle biologique plus court que celui des espèces traditionnellement nuisibles dans notre pays que sont *A. lineatus*, *A. sputator*, *A. obscurus* (espèces à cycle long (Blot et al., 2008)).

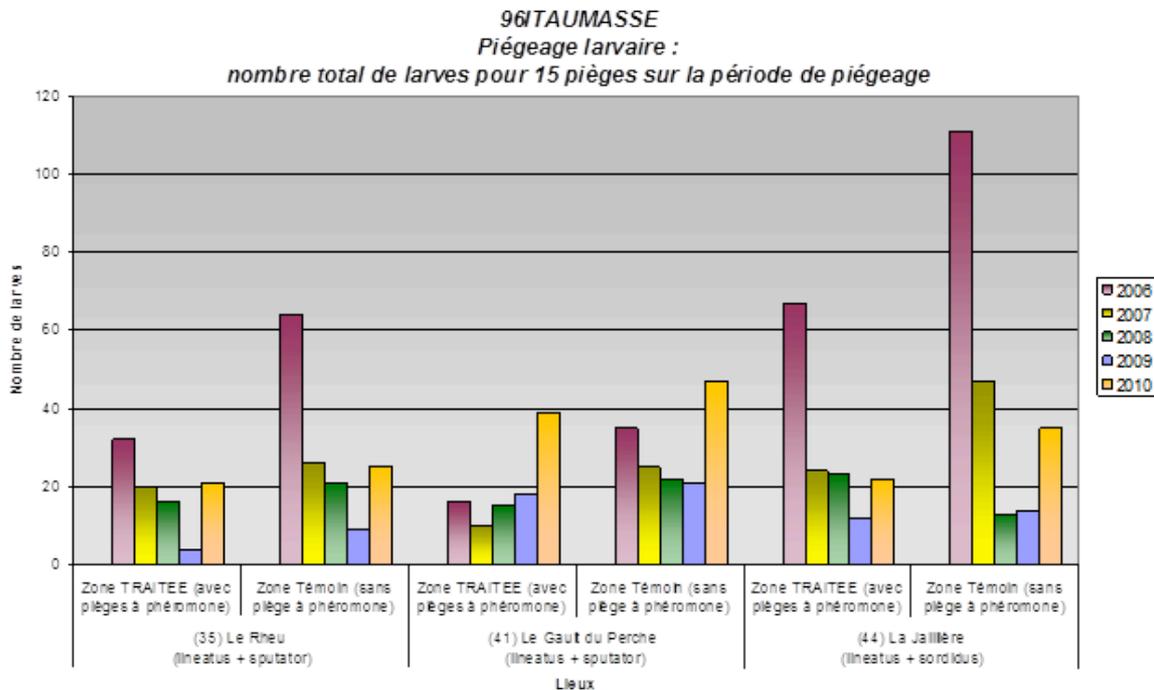
Le travail réalisé par Arvalis sur les taupins dans le cadre du projet a porté essentiellement sur deux axes :

- 1) technique de piégeage de masse des adultes de taupins par phéromones (année 2010),
- 2) essais d'efficacité d'insecticides appliqués au sol contre les larves de taupins (2010, 2011 et 2012).

#### 4.1. Technique de piégeage de masse des adultes de taupins par phéromones

Cette technique a été étudiée par Arvalis et l'INRA sur trois parcelles (INRA Le Rheu, 35; ARVALIS La Jaillièrre, 44 et prairie biologique, Le Gault du Perche, 41) pendant cinq années de suite (2006 à 2010) comme méthode de lutte. Elle repose sur un suivi du nombre d'adultes piégés à l'aide de phéromones pendant les périodes printanière et estivale et son lien avec la réduction à moyen terme de la population larvaire. Un travail sur cinq ans était nécessaire car il correspondait à la durée du développement larvaire des espèces à cycle long. En 2010, Arvalis a réalisé une cinquième et dernière année de piégeage de masse sur les trois parcelles. Dans chaque parcelle, neuf points de piégeage, avec pour chacun, deux phéromones correspondant aux deux principales espèces de la région, ont été installés de mai à août avec une distance entre points de cinquante mètres. Cette zone de piégeage d'adultes, appelée « zone traitée » a été comparée à une zone proche, sans piège à phéromone (« zone témoin »). Un piégeage larvaire est réalisé chaque année au printemps dans les deux zones pour mettre en évidence une éventuelle réduction de population en « zone traitée ».

Cette expérimentation de piégeage de masse des adultes de taupins réalisée sur trois parcelles, cinq années de suite, n'a pas permis de montrer une réduction de la population larvaire des parcelles.



**Figure 7 :** Synthèse du piégeage de masse (2006 à 2010)

Ce travail a mis en évidence des niveaux de captures, aussi bien des adultes que des larves, très différents selon les années (Figure 7) et donc une variabilité annuelle d'activité sans que l'on en

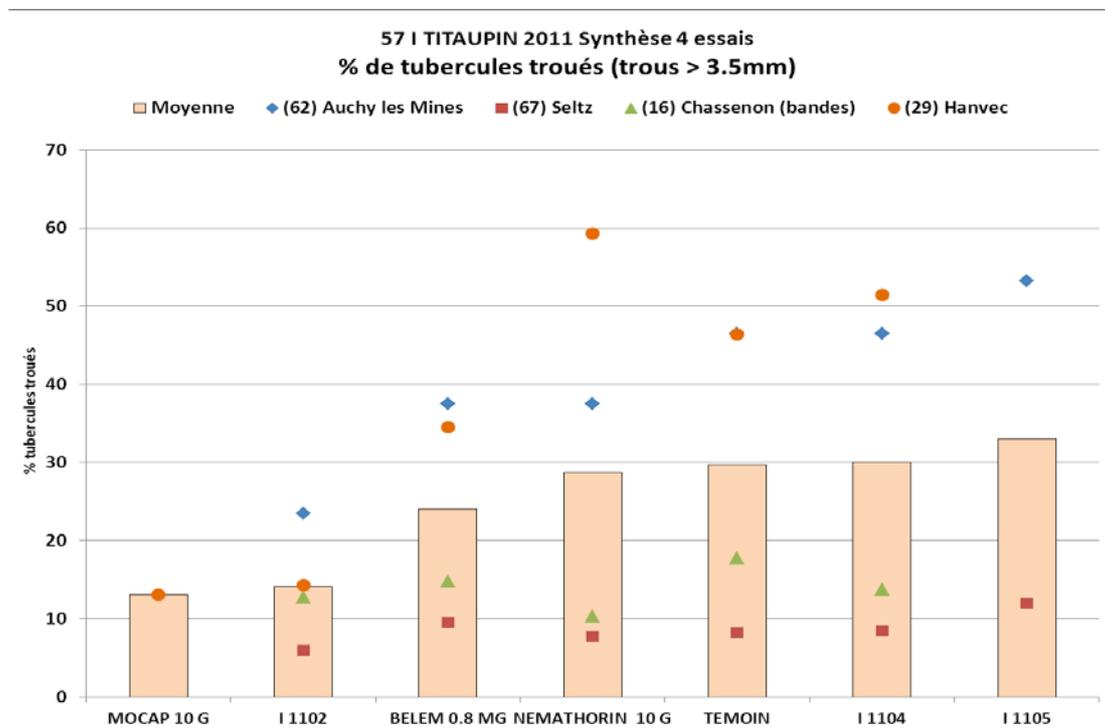
connaisse la raison. Cet état de fait a dû empêcher de mettre en évidence un effet supposé du piégeage de masse. Les parcelles d'expérimentation ont été choisies pour leurs attaques connues de taupins, pour au moins deux d'entre-elles (35) le Rheu et (41) Le Gault du Perche. Mais ces parcelles étaient-elles homogènes tant sur les populations larvaires de taupins au départ que sur l'environnement pour capturer les adultes à l'aide des phéromones ? Le dispositif expérimental était peut-être mal adapté, mais il n'y avait pas de travail analogue connu qui aurait pu améliorer ce dispositif.

Ce manque de résultat ne doit pas faire éliminer la piste des phéromones comme moyen de régulation des populations, car les phéromones disponibles sont bien spécifiques à nos espèces nuisibles et sont très attractives; elles permettent de capturer de très grandes quantités d'insectes adultes au printemps.

#### 4.2. Essais d'efficacité d'insecticides principalement en traitement de sol en localisation dans la raie de plantation contre les larves

Un premier essai de lutte contre les taupins avec un traitement de sol localisé dans la raie de plantation a été réalisé en 2010 en collaboration avec Planète Légumes à Beinheim (67). L'essai très attaqué, avec à la récolte dans le témoin, plus de 65% de tubercules troués, n'a pas permis de montrer l'efficacité des insecticides testés. Ce résultat n'est pas satisfaisant mais peut s'expliquer par cette très forte attaque de taupins et sans doute tardive au-delà de la période de persistance d'action des traitements de sol.

En 2011, le réseau expérimental s'est étoffé avec quatre essais conduits en prestation de service, dont Bretagne-Plants répondant ainsi à un premier objectif de ce dossier de recherche d'établir une collaboration de travail sur les thématiques communes aux deux filières, la production de plants de pomme de terre pour la FN3PT d'une part et la production de pommes de terre de consommation pour Arvalis d'autre part.



**Figure 8 :** Synthèse des quatre essais taupins 2011

Tous les insecticides ont été appliqués en localisation dans la raie de plantation.

*Légende des produits :* I 1102 10kg/ha (0.5% fipronil) ; Belem 0.8MG 12kg/ha (0.8% cyperméthrine) ; I 1104 12kg/ha (0.35% pyrèthre naturel) ; I 1105 20kg/ha (Vydate 10G : 10% oxamyl)

Remarque : dans la modalité 'Témoin', le taux d'attaque est équivalent pour les essais d'Hanvec et d'Auchy.

Deux essais très infestés, à Hanvec (29) et Auchy les Mines (62), ont mis en évidence seulement l'efficacité satisfaisante d'une spécialité non homologuée (à base de fipronil) et le manque d'efficacité du Nématorin 10G, à 10kg/ha par rapport au Mocap 10G à 20kg/ha.

En 2012, quatre essais ont de nouveau été réalisés avec les mêmes partenaires qu'en 2011 (Bretagne Plants, FREDON Nord Pas-de-Calais, Midi Agro et Planète Légumes). L'activité des larves de taupins débute environ trois mois après plantation, ce qui explique que les pommes de terre primeur, récoltées début août, sont beaucoup moins attaquées que les pommes de terre récoltées tardivement. C'est pourquoi des stratégies de lutte avec des applications après plantation ont été testées pour mieux faire correspondre persistance d'action de l'insecticide et activité du ravageur. Ainsi, une modalité d'application de microgranulés en plein, 35 jours après plantation, suivie d'un buttage, et plusieurs modalités d'insecticides de la famille des néonicotinoïdes pulvérisés trois fois au cours du mois de juillet, ont été effectuées. Aucune amélioration de la protection des tubercules n'a été obtenue avec ces applications en végétation.

Les résultats montrent qu'en situation de forte infestation, c'est à-dire environ 40 % de tubercules troués à la récolte dans les témoins, avec des trous supérieurs à 3.5 mm de profondeur, pour deux essais (Figure 9), le Dursban 5G présente une efficacité intéressante, supérieure à celle du Nématorin 10G.

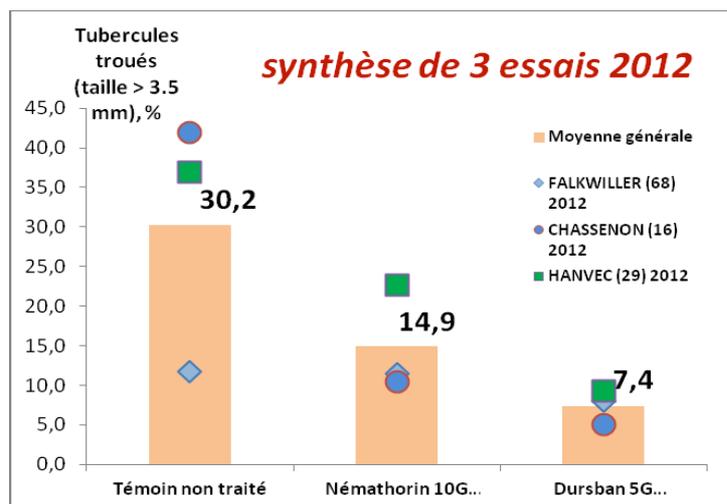


Figure 9 : Efficacité des deux produits autorisés sur taupins en 2012

Ces trois années d'essais n'ont pas permis de révéler une molécule insecticide ou un programme de traitement permettant d'obtenir des tubercules sains en situation de forte attaque. Les études d'efficacité doivent se poursuivre car l'agriculteur n'a pas, à ce jour, un insecticide performant et suffisamment persistant lui permettant de se protéger d'une forte attaque difficilement prévisible sur les tubercules fils. C'est pourquoi un nouveau projet de recherche multicultures sur les taupins a vu le jour en 2012 axé en grande partie sur la prévision du risque en relation avec l'INRA et divers partenaires.

Dans l'état actuel des connaissances, l'agriculteur devra engager, autant que faire se peut, une lutte soutenue sur une parcelle infestée, associant mesures agronomiques et applications d'insecticides sur l'ensemble des cultures de sa rotation en évitant un retour de la pomme de terre avant au moins quatre ans. Avec la diminution inéluctable des traitements insecticides, le manque de persistance des produits autorisés aujourd'hui et demain, pour couvrir toute la période d'activité du ravageur, la recherche doit s'orienter vers d'autres pistes exploratoires comme par exemple les appâts, associant le dioxyde de carbone, les phéromones, les plantes pièges...

## Conclusion et perspectives

Au bilan, ce projet a permis d'accroître les connaissances sur les bioagresseurs étudiés et a débouché sur différents outils de détection et caractérisation transférés pour le suivi des cultures de pomme de terre afin de conforter l'état sanitaire privilégié du territoire ainsi que d'avancer dans l'analyse des facteurs de risques et les stratégies de lutte contre certains bioagresseurs.

Pour les nématodes à galle, une collaboration entre la FN3PT et l'ANSES a permis de valider des outils d'identification des espèces de *Meloidogyne*, d'évaluer des techniques d'extraction et de détection sur tubercules de pomme de terre et de participer au développement d'une technique de détection dans le sol.

Sur les bactéries pectinolytiques responsables de la maladie de la jambe noire, après évaluation de protocoles de PCR quantitative développés à l'étranger, le séquençage ciblé d'une collection de souches par la FN3PT et l'INRA a permis de développer une méthode innovante de type CAPS pour caractériser les bactéries du genre *Dickeya*, dont la nouvelle espèce émergente en Europe, *Dickeya solani*.

En matière de lutte contre le mildiou de la pomme de terre, des stratégies alternatives valorisant des SDP (stimulateurs de défense des plantes) ont été évaluées par ARVALIS, et ont montré de bons résultats pour les stratégies de mélanges de doses réduites de fongicides avec des phosphites, en conditions de pression modérée de maladie.

Sur les taupins, les travaux ont porté sur l'évaluation multisites de l'efficacité de traitements insecticides du sol ou par piégeage d'adultes montrant des efficacités limitées en situation de forte attaque. Ces travaux ont été poursuivis au-delà du projet et plus particulièrement dans le cadre d'un nouveau projet taupins multicultures incluant la mise en place d'enquêtes parcellaires et l'élaboration d'une grille de risque.

A l'avenir, il peut s'envisager d'exploiter ces résultats pour améliorer l'épidémiologie des cultures et les outils de raisonnement des interventions conformément aux objectifs du Grenelle de l'Environnement ainsi qu'au bénéfice de la qualité des productions de pomme de terre.

**Remerciements** aux personnes impliquées dans la mise en place et le suivi des travaux. Ce projet a bénéficié du concours financier du ministère de l'agriculture via le compte d'affectation spéciale « développement agricole et rural » dans le cadre de l'appel à projets Innovation et Partenariat 2009.

## Références bibliographiques:

Arrêté du 31 juillet 2000 du ministère de l'agriculture établissant la liste des organismes nuisibles aux végétaux, produits végétaux et autres objets soumis à des mesures de lutte obligatoire.

Blot Y., Taupin P., 2008. Taupin, une menace pour la culture. La Pomme de terre française, sept-oct 2008.

Blot Y., Taupin P., de Montigny A., 2008. Biologie d'*Agriotes sordidus* Illiger (coleoptera : Elateridae). Développements larvaire et nymphal en conditions contrôlées. 8ème Conférence Internationale sur les Ravageurs en Agriculture. Montpellier, ANPP, 9 pp.

Dedryver C.-A., Robin N., Taupin P., Thibord J.-B., 2009, Lutte contre les taupins : Etat des recherches et des connaissances techniques en France et dans l'U.E. ; Voies de recherche à privilégier. Rapport de synthèse coordonné par l'INRA de Rennes, avec la collaboration d'ARVALIS-Institut du Végétal, et à la demande du Ministère de l'Agriculture et de la Pêche. 26 p

Dewerra P., Hélias V., 2013. French-Swiss concerted project 2010 -2012 assessment: Influence of seed contamination and site parameters on the disease development of *Dickeya* and *Pectobacterium* in the field communication Euphresco meeting Jerusalem 21-22.11.2013.

Directive européenne 2000/29/CE du 8 mai 2000 du Conseil. Mesures de protection contre l'introduction dans la Communauté d'organismes nuisibles aux végétaux et aux produits végétaux et contre leur propagation à l'intérieur de la Communauté.

Duvauchelle S., Bernard J-L., 2004. Maladies et ravageurs des cultures de pomme de terre. Evaluation des moyens de lutte indirecte utilisables pour une protection raisonnée. Phytoma-LDV, 570.

Elphinstone J.G., Parkinson N.M., Bertrand V., Pritchard L., Toth I.K., 2011. Development of real time quantitative PCR assays for detection and identification of *Dickeya* species pathogenic to potato. Potato Research 54, 97.

FN3PT, GNIS, ARVALIS - Institut du végétal, 2012. A practical guide to diseases, pests and disorders of the potato, Identification guide and data sheets. Version anglaise de l'édition française de 2008, 192 p.

Gamel S., Huchet E., Le Roux-Nio A.C., Anthoine G., 2013. Assessment of PCR-based tools for the specific identification of some temperate Meloidogyne species including *M. chitwoodi*, *M. fallax* and *M. minor*. Eur. J. Plant Pathol, DOI : 10.1007/s10658-013-0355-8.

Gamel S., Huchet E., Le Roux-Nio A-C, Ollivier F., Anthoine G., 2011. Evaluation and improvement of an extraction method for *Meloidogyne* sedentary life-stages in potato tubers using enzymatic digestion technique. Poster présenté à l'ONTA XLIII, Coimba 4-9 Sept. 2011, Portugal.

Gaucher D., Martin A., Jaunatre V., Beauvallet G., 2011. Evaluation de traitements alternatifs valorisant les Stimulateurs de défense des plantes contre le mildiou de la pomme de terre. Recueil de communications, AFPP – Quatrième conférence internationale sur les méthodes alternatives en protection des cultures, Lille – 8, 9 et 10 mars 2011.

Gaucher D., Beauvallet G., 2011. Evaluation of alternative treatments with plant defenses stimulants against potato late blight. Abstracts of papers and posters, EAPR, July 25-29 2011, Oulu (Finland), 1p.

Hélias V., Hamon P., Laurent A., Morel B., Andrivon D., 2012. '*Dickeya solani*' : Emergence d'un nouvel agent bactérien responsable de pourritures molles et de jambe noire en culture de pomme de terre, 10e rencontres Plantes-Bactéries, Aussois, janvier 2012.

Hélias V., 2012. Jambe noire : Évolution des souches et risques associés. La Pomme de Terre Française. Mars-Avril 2012 - N° 580 : 48-49.

Hélias V., Morel B., 2012. Developing a 'friendly' diagnostic method to identify *Dickeya* species. 3d International Dickeya Meeting, Rennes; 12-13 April 2012

Hélias V., 2008. *Pectobacterium* spp et *Dickeya* spp. de la pomme de terre: nouvelle nomenclature pour *Erwinia* spp., symptomatologie, épidémiologie et prophylaxie. Cahiers de l'Agriculture, vol.17 : 349-354.

Jacquin N., 2011. Lutte contre le Mildiou de la pomme de terre. Evaluation de fongicides et traitements alternatifs valorisant les Stimulateurs de Défense des Plantes. Mémoire de fin d'études, Spécialité Système de production, environnement et territoires, ENSA Toulouse, septembre 2011.

Jaunatre V., Gaucher D., 2011. MILEOS®, un outil d'aide à la décision qui évolue. Recueil de communications, AFPP – Quatrième conférence internationale sur les méthodes alternatives en protection des cultures, Lille– 8, 9 et 10 mars 2011.

Le Roux-Nio A-C, 2011. Nématodes à galles : Difficile éradication. La Pomme de Terre Française, n°575 – 56-57.

Le Roux-Nio A-C., Huchet E., Gamel S., Ollivier F., Anthoine G., 2011. Nématodes à galles : les détecter et les identifier. La Pomme de Terre Française, n°576 – 48-49.

Martin A., 2010. Lutte contre le Mildiou de la pomme de terre. Evaluation de fongicides et traitements alternatifs valorisant les Stimulateurs de Défense des Plantes. Mémoire de fin d'études, Spécialité Gestion intégrée des agrosystèmes et paysages, option production intégrée, ENITA Bordeaux, septembre 2010

Mugniery D., 2009. Rapport succinct portant sur les deux espèces de nématodes de quarantaine, *Meloidogyne chitwoodi* et *M. fallax*, 30 janvier 2009, 35 pages.

OEPP/EPPO, 2009. PM7/41, (2) : Protocoles de diagnostic pour les organismes réglementés

*Meloidogyne chitwoodi* and *Meloidogyne fallax* Bulletin OEPP/EPPO Bulletin 39, 5-17.

Rakotonindraina T., 2012. Analyse et modélisation des effets des pratiques culturales sur les épidémies de mildiou de la pomme de terre. Adaptation du modèle SIPPOM au pathosystème. Thèse soutenue le 14 décembre à l'INP de Toulouse.

Regnault-Roger C., Philogène B., Vincent C. 2008. Biopesticides d'origine végétale. 2<sup>ème</sup> édition. Editions Tec et Doc. Oct. 2008.

Samson R., Legendre J.B., Christen R., Fischer-Le Saux M., Achouak W., Gardan L., 2005. 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 zeae* sp. nov. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology 55, 1415–27.

Toth I.K., van der Wolf J., Saddler G., Lojkowska E., Hélias V., Pirhonen M., Tsrör L., Elphinstone J., 2011. *Dickeya* species: an emerging problem for potato production in Europe. Plant Pathol 60 : 385-399

Tsrör L., Erlich O., Lebiush S., Hazanovsky M., Zig U., Slawiak M., Grabe G., van der Wolf J.M., van de Haar J.J., 2009. Assessment of recent outbreaks of *Dickeya* sp. (syn. *Erwinia chrysanthemi*) slow wilt in potato crops in Israël. Eur J Plant Pathol, 123, 311–320.

Van der Wolf J.M., Nijhuis E.H., Kowalewska M.J., Saddler G.S., Parkinson N., Elphinstone J.G., Pritchard L., Toth I.K., Lojkowska E., Potrykus M., Waleron M., de Vos P., Cleenwerck I., Pirhonen M., Garland L., Hélias V., Pothier J.F., Pflüger V., Duffy B., Tsrör L., Manulis S., 2014. *Dickeya solani* sp. nov., a pectinolytic plant pathogenic bacterium isolated from potato (*Solanum tuberosum*). Int J Syst Evol Microbiol. (accepté)

Viaene, N., Mahieu, T., de la Pena, E., 2007. Distribution of *Meloidogyne chitwoodi* in potato tubers and comparison of extraction methods. Nematology 9(1), 143–150.