

COMITE SCIENTIFIQUE DU CTPS

S E M I N A I R E

Restitution de programmes financés par le Ministère de l'Agriculture

" EVALUATION DES VARIETES ET QUALITE SANITAIRE DES SEMENCES "

Jeudi 14 mars 2013

FIAP Jean Monnet, Salle Bruxelles, 30 rue Cabanis, 75014 Paris

PROGRAMME

Introduction Christian HUYGHE	9:15 - 9:25
1. Qualité sanitaire des semences	9:25 – 10:35
Gestion de <i>Clavibacter michiganensis subsp michiganensis</i> . René MATHIS, GEVES	20 min
Recherche de méthodes de lutte alternatives contre les insectes séminivores de la famille des <i>Curculionidae</i> , parasites des cultures porte-graine. Julie GOMBERT, FNAMS	20 min
Discussion	30 min
Pause et posters	10:35 – 11:00
2. Diversité génétique et marqueurs moléculaires	11:00 – 13:20
Exploration de la diversité génétique du compartiment sauvage pour l'amélioration de la carotte cultivée Emmanuel GEOFFRIAU, Agrocampus Ouest	20 min
Caractérisation phénotypique et moléculaire de la collection nationale de ressources génétiques de blé tendre. François BALFOURIER, INRA Clermont-Ferrand	20 min
Développement d'outils pour la sélection assistée par marqueurs chez le Ray-Grass anglais Philippe BARRE, INRA Lusignan	20 min
Construction d'une base de données multi-utilisateurs pour améliorer la gestion des profils moléculaires des variétés de pomme de terre. Sylvie MARHADOUR, FN3PT	20 min
Discussion	60 min
Déjeuner	13:20 - 14:30

3. Tolérances variétales aux stress biotiques et abiotiques

14:30 – 16:40

Développement d'outils et de dispositifs d'expérimentation variétale (au vignoble / en serres) pour phénotyper une large gamme de cépages et porte-greffes de vigne vis-à-vis de l'efficacité d'utilisation de l'eau. Philippe VIVIN, INRA Bordeaux	20 min
Indicateurs de progrès génétique et identification de nouvelles sources de progrès pour la tolérance à la sécheresse chez le maïs. Syngenta	20 min
Sélection assistée par marqueurs pour la validation et le cumul de QTL de résistance aux principaux stress biotiques et abiotiques chez le pois. Marie-Laure PILET, INRA Rennes	20 min
Tolérance du blé tendre aux stress biotiques et abiotiques. Philippe GATE, Arvalis	20 min
Discussion	60 min

Conclusion

Christian HUYGHE

16:40 - 16:55

☆ ☆ ☆

Posters

Agir rapidement pour contenir la carie du blé.
Laurence FONTAINE, ITAB

Evaluation de la valeur d'utilisation des variétés de graminées fourragères candidates à l'inscription au catalogue officiel français.
Denis LECLERCQ, GEVES

Mise en place d'une méthode d'évaluation et des règles de décision pour les variétés de sorgho destinées à l'ensilage et à l'utilisation énergétique de la biomasse au CTPS.
Bernard AIZAC, GEVES

Pourritures molles du radis porte-graine : identification et caractérisation des bactéries responsables, épidémiologie de ces bactérioses et évaluation des méthodes de lutte.
Julie GOMBERT, FNAMS

Mise en place du catalogue français des variétés de maïs potager, doux et popcorn.
Aurélia LUCIANI, GEVES

☆ ☆ ☆

RÉSUMÉS DES INTERVENTIONS

Gestion de *Clavibacter michiganensis subsp michiganensis*

René Mathis¹, Marie-Agnès Jacques², Valérie Olivier³, Rodolphe Germain⁴ et Valérie Grimault¹.

1 GEVES, 25 rue Georges Morel, F-49071 Beaucouzé cedex;

2 INRA, Institut de Recherches en Horticulture et Semences (INRA, Agrocampus-Ouest, Université d'Angers), SFR 149 Quasav, F-49071 Beaucouzé;

3 Laboratoire de Santé des Végétaux de l'ANSES, 7 rue Jean Dixméras, F-49044 Angers cedex 01;

4 Union Française des Semenciers, 17 rue du Louvre, 75001 Paris ;

La bactérie de quarantaine *Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis (Cmm)* est responsable du chancre bactérien de la tomate. Cette maladie, en forte recrudescence malgré une prophylaxie et des contrôles sanitaires continus, est problématique à tous les niveaux de la filière « tomate ». Le seul moyen de lutte est la maîtrise de la qualité sanitaire des semences, majoritairement impliquées dans la dissémination de la maladie. Une méthode de détection fiable est donc nécessaire.

L'importance de la tomate en France (750 000 t/an) et le manque de données scientifiques dans certains domaines ont poussé producteurs, laboratoires de recherche et semenciers à construire un projet de recherche baptisé CLAVITOM.

Ce programme de 3 ans (nov. 2008 – oct. 2011), soutenu par le Ministère en charge de l'Agriculture, et coordonné par Végepolys-Valinov a fédéré la plupart des acteurs de ce secteur: les semenciers (via l'UFS), les producteurs de plants (SF3P, SAS René Briand), les producteurs de tomates (AOP tomate, CDDM, CEAFL, CTIFL), des laboratoires de recherche experts sur le sujet (INRA, GEVES, LSV).

Ce travail a été organisé autour de 7 actions de façon à couvrir les différents aspects techniques de cette problématique : extraction, collection, milieux de croissance, impact des traitements, aspects moléculaires, greffage. Le programme CLAVITOM a ainsi visé deux objectifs principaux :

1/ Développer et mettre à disposition de nouvelles méthodes de détection de *Cmm*, utilisables sur semences et sur plantes, en maîtrisant mieux leurs performances et leurs limites (spécificité, sensibilité).

2/ Acquérir de meilleures connaissances sur *Cmm* et sa transmission par la semence dans les conditions actuelles de production de la tomate.

Les principales conclusions de l'étude menée seront présentées, en insistant sur l'intérêt d'une approche polyphasique pour caractériser un tel pathogène.

Recherche de méthodes de lutte alternatives contre les insectes séminivores de la famille des Curculionidae, parasites des cultures porte-graine

Julie Gombert¹, Benoît Mériaux¹, Brigitte Frérot², Benoît Cailleret³, Johanna Villenave-Chasset⁴, Jean-Pierre Saleyron⁵ et François Deneufbourg¹.

1 FNAMS, Centre Technique, Impasse du Verger, 49800 Brain-sur-l'Authion

2 INRA – UMR PISC, Route de St Cyr, 78026 Versailles

3 FREDON Rhône-Alpes, 80 rue d'Alsace, 69100 Villeurbanne

4 Flor'Insectes, 32 rue Jean Latham, 76490 Saint-Wandrille-Rançon

5 Fédération Française des Semences Fourragères, 288 Bourse de Commerces, 75001 Paris

1 email : julie.gombert@fnams.fr

Certains ravageurs séminivores, tels que *Tychius aureolus* sur la luzerne porte-graine, deviennent particulièrement préoccupants. Ce ravageur très largement répandu dans les principales zones de production peut engendrer des pertes de rendement semencier de 30%, soit une perte de chiffre d'affaire comprise entre 330 et 525 €/ha. En présence d'impasses techniques du fait du retrait des spécialités insecticides les plus efficaces, il est apparu indispensable d'explorer d'autres voies de gestion de ce ravageur que la lutte insecticide raisonnée. Ainsi, ce contrat de branche visait à améliorer les connaissances sur *Tychius aureolus* afin d'identifier et développer des méthodes de lutte alternatives efficaces.

La première partie du programme s'est attachée à approfondir les connaissances relatives à *Tychius aureolus* tant du point de vue sémiocchimique (relations ravageur/hôte, mâle/femelle) que physiologique (maturation sexuelle des femelles) et biologique (stades et sites d'hivernage). Ainsi, nous avons montré que les femelles matures et vierges sont particulièrement attirées par les feuilles de luzerne mais qu'une fois accouplées, les femelles deviennent davantage attirées par les gousses au stade 2, préférentiellement utilisées pour l'oviposition. L'analyse et l'identification des composés organiques volatils (COV) émis par les fleurs et les

gousses de plusieurs variétés à différentes périodes de la journée ont abouties à la sélection de COV candidats pour perturber la reconnaissance de la plante hôte et l'oviposition. Par contre, les travaux sur les phéromones sexuelles n'ont pas débouché sur des résultats exploitables en raison de l'absence d'observations d'accouplement au laboratoire et par une période d'accouplement en luzernière limitée à certaines heures de la journée.

Les études relatives à l'hivernage de *Tychius aureolus* ont montré que ce ravageur passe la période hivernale sous forme d'adulte dans les premiers centimètres du sol des parcelles de luzerne porte-graine et qu'il ne s'alimente pas durant cette période. Ce comportement hivernal du ravageur pourrait être exploité pour réguler les populations émergentes en avril.

En s'appuyant sur ces connaissances, la seconde partie du programme a permis d'identifier des méthodes alternatives de lutte parmi lesquelles figure le recours à des substances sémiocchimiques perturbatrices de l'accouplement, de l'oviposition ou de la reconnaissance des plantes hôtes par le *Tychius aureolus*. Des essais au champ ont permis de confirmer que certains des COV candidats émis par les gousses sont effectivement attractifs dans des conditions naturelles. Par ailleurs, la recherche d'auxiliaires permettant de réguler les populations de *Tychius aureolus* a débouché sur l'identification d'une espèce de micro-Hyménoptère parasitoïde : *Pteromalus sequester*. également parasitoïde d'autres ravageurs des luzernes porte-graine (*Bruchophagus* sp., *Apions*...). Enfin, en raison de l'inféodation de *Tychius aureolus*, et semble-t-il également de *Pteromalus sequester*, aux parcelles de luzerne porte-graine, la modification de l'environnement des luzernières ne constitue pas un moyen de gestion efficace du ravageur.

Ainsi, ce projet a permis d'acquérir des connaissances relatives à *Tychius aureolus* et d'identifier des méthodes alternatives de lutte parmi lesquelles figurent l'écologie chimique et l'utilisation de parasites du ravageur.

Exploration de la diversité génétique du compartiment sauvage pour l'amélioration de la carotte cultivée

Geoffriau E.¹, A. Chaput-Bardy², C. Dubois¹, S. Huet¹, A. Suel¹, G. Simon³, L. Barrot³, J. Sacré³, R. Prieur⁴, G. Marandel⁴, D. Helot⁵, F. Chaniet⁵, F. Villeneuve⁶, F. Boulineau⁷, P. Bechelli⁷, M. Perus⁸, J.-P. Reduron⁹

¹Agrocampus Ouest, UMR 1345 Institut de Recherche en Horticulture et Semences, 49045 Angers, France

²Université d'Angers, Groupe écologie et conservation des vertébrés, Angers 49045, France

³Vilmorin, 30210 Ledenon, France

⁴HM Clause, 49800 La Bohalle, France

⁵Rijk Zwaan France, 30390 Aramon, France

⁶Ctifl, 24130 Prigonrieux, France

⁷Geves, 49250 Brion, France

⁸Pôle légumes région Nord, 62840 Lorgies, France

⁹Via Apia, 68100 Mulhouse, France

Correspondance : Emmanuel.Geoffriau@agrocampus-ouest.fr

Contrairement à d'autres espèces potagères, il a été encore peu fait appel au compartiment sauvage pour l'amélioration génétique de la carotte cultivée, notamment vis-à-vis de résistances aux bioagresseurs dans un contexte de production durable. De nombreuses populations de carotte sauvage existent sur le territoire français, mais une meilleure connaissance de ces ressources génétiques est nécessaire afin de permettre leur valorisation. L'exploration de la diversité génétique du compartiment sauvage a été réalisée à plusieurs niveaux. Le premier est d'ordre botanique et taxonomique. Un inventaire des taxons et localisations en France a été réalisé, conduisant à 12 taxons identifiés et une centaine de populations collectées et caractérisées. Les caractéristiques écologiques et phénologiques respectives des sous-groupes carota et gummifer ont été précisées. Une clé de détermination des taxons au stade plantule a été mise en place par étude morphométrique, alliant des techniques d'analyse d'image et une approche innovante de suivi du regard. Le second niveau porte sur la variabilité génétique inter et intra taxons par marqueurs microsatellites, révélant une structuration de 30 populations de Corse et France continentale en 15 groupes, avec des différenciations génétiques plus géographiques que taxonomiques. La diversité génétique est beaucoup plus importante en Corse et sur le pourtour méditerranéen qu'à l'ouest et nord de la France. Enfin, le dernier niveau vise à évaluer ces ressources génétiques. Si les expériences conduites ont montré l'absence de barrière de reproduction avec le compartiment cultivé, les tests de résistance à différents bioagresseurs (*Alternaria dauci*, *xanthomonas*, oïdium, nématodes *M. incognita* et hapla, *rhizoctonia* et *pythium*) ont montré que les taxons sauvages présentent des degrés très étalés de sensibilité, et peuvent constituer des sources de

résistance. L'ensemble des résultats permet de déterminer une stratégie pour le maintien et l'exploitation de ces ressources génétiques sauvages.

Caractérisation phénotypique et moléculaire de la collection nationale de ressources génétiques de blé tendre

François BALFOURIER

INRA –UMR GDEC- 5 chemin de Beaulieu, 63039 Clermont-Ferrand cedex 2

La collection nationale blé tendre, regroupant 1783 accessions françaises, a été évaluée sur trois ans pour 10 caractères agro-morphologiques (précocité, hauteur, compacité et aristation de l'épi, sensibilité à la verse, sensibilité aux rouilles jaunes, rouilles brunes, fusarioses, oïdium et septorioses) dans le réseau multilocal des sites de sélection des partenaires privés membres de l'UFS. Par ailleurs, la collection a été génotypée pour 42 locus microsatellites répartis sur l'ensemble du génome.

Les résultats d'évaluations agronomiques mettent en évidence une large variabilité pour l'ensemble des caractères observés. Une analyse de variance menée sur la précocité, la hauteur, la compacité, l'aristation et la sensibilité à la verse révèle de forts effets principaux du génotype et de l'année pour la plupart de ces variables, tandis que leurs interactions sont négligeables. Le manque de certaines observations lié par exemple à l'absence de pression de sélection d'un pathogène une année donnée a rendu par contre difficile la comparaison globale du matériel pour son niveau de résistances à ces mêmes pathogènes. Néanmoins, l'application d'un index empirique de sélection sur ces caractères a permis de définir un panel généraliste de 190 accessions représentant un niveau de résistance moyen aux cinq pathogènes étudiés. De plus, cinq autres panels plus spécialisés en fonction de leur résistance à un pathogène particulier ont également pu être constitués.

L'analyse au niveau moléculaire révèle également une grande diversité au niveau du polymorphisme neutre. A partir de ces données, une analyse de la structure de la collection a confirmé l'importance de la date d'inscription des variétés comme facteur structurant fortement la collection. L'utilisation du logiciel « Structure » a permis en outre de mettre en évidence l'existence probable d'au moins 6 sous-populations fondatrices de la diversité dans les blés français. Par la suite, une première approche de génétique d'association, combinant les données phénotypiques avec celles de marquage moléculaire, et tenant compte de la structure populationnelle de la collection, a été conduite. Elle a permis de révéler des associations statistiquement significatives entre certains allèles aux marqueurs et les variables « précocité », « hauteur », et dans une moindre mesure celles de sensibilités à l'oïdium, la rouille jaune et la fusariose.

La collection nationale a été déclarée comme contribution française auprès de la FAO dans le cadre du traité international sur les ressources phytogénétiques. Elle est à ce titre largement diffusée sous forme de semences auprès de la communauté internationale.

L'ensemble des données d'évaluations du présent projet est en cours de transfert sur la base de données informatisées SReGaL et sera bientôt publiquement accessible sur le net (<http://urgi.versailles.inra.fr/siregal/siregal/welcome.do>), permettant ainsi une valorisation potentielle accrue de la diversité génétique présente parmi ces blés français.

Développement d'un outil pour la sélection assistée par marqueurs chez le ray-grass anglais

Philippe Barré

INRA, Unité de Recherche Pluridisciplinaire Prairies et Plantes Fourragères, Le Chêne, RD 150, 86600 Lusignan

Les variétés fourragères sont des variétés synthétiques obtenues par multiplication en panmixie d'un nombre variable de constituants. Ce type de variété permet un progrès génétique indéniable mais qui pourrait être amélioré grâce à l'utilisation de marqueurs moléculaires. L'objectif de cette étude était de développer un outil permettant de génotyper plusieurs milliers d'individus avec une centaine de marqueurs répartis sur l'ensemble du génome chez le ray-grass anglais. La stratégie a été de développer des couples d'amorces dans des régions conservées encadrant un intron afin d'amplifier puis de séquencer les génotypes d'intérêt (parents de polycross). Les séquences sont ensuite utilisées pour développer des marqueurs SNP. Au total, nous avons développé 363 couples d'amorces bien répartis sur le génome présentant une amplification

correcte chez le ray-grass anglais. De plus, ces amorces ont montré un excellent taux de transférabilité à d'autres graminées fourragères (de 73 à 97 % pour les fétuques et 77 % pour le dactyle). L'étude du polymorphisme sur sept génotypes de ray-grass anglais a révélé en moyenne un SNP toutes les 42 bases. Seulement 21 % des SNP étaient hétérozygotes chez plus d'un génotype, ceci a conduit à développer des marqueurs SNP spécifiques à chacun des sept génotypes.

Construction d'une base de données multi-utilisateurs (IdeAle) pour améliorer la gestion des empreintes génétiques des variétés de pomme de terre produites en plants en France

Sylvie Marhadour^{1,2}, Christophe Dargier³, Florence Esnault², Natalie Laversin⁴, Amandine Méar^{1,2}, Maryvonne Perramant⁵, Yves Le Hingrat^{1,6}

1 FN3PT/RD3PT, 43-45, rue de Naples, 75008 Paris, France

2 INRA UMR 1349 IGEPP INRA, Keraiber, 29260 Ploudaniel, France

3 FN3PT, GNIS 64, rue du Louvre, 75001 Paris, France

4 Comité Nord, Rue des Champs Potez, 62217 Achicourt, France

5 Bretagne Plants, Roudouhir, 29460 Hanvec, France

6 FN3PT, Roudouhir, 29460 Hanvec, France

Les marqueurs moléculaires sont utilisés de façon courante pour gérer et caractériser les ressources génétiques et identifier les variétés. Un kit issu d'un travail réalisé en collaboration entre la FN3PT et l'Inra est utilisé en routine dans 5 laboratoires français. La capacité des laboratoires est vérifiée régulièrement par un essai interlaboratoire organisé par le Gnis/Soc. La méthode est utilisée pour tester les départs de multiplication et les premières générations de la production française de plants, contrôler les collections *in vitro* des Etablissements Producteurs Régionaux et la CNVS (Collection variétale et Sanitaire) et dans le cadre de tests ponctuels (certification, litiges, ...). Un peu plus de 1500 tests sont réalisés chaque année et génèrent des profils moléculaires qu'il faut être capable de stocker, tracer et échanger.

Les objectifs du projet étaient de construire un outil informatique pour : améliorer la coordination et la réactivité des partenaires habituels de l'identification variétale pomme de terre, améliorer la traçabilité des analyses et échantillons pour les utilisateurs de la procédure, faciliter les échanges d'informations sur les empreintes génétiques acquises dans les études de diversité génétique et d'identité.

Le système a été construit par le service informatique de la FN3PT autour d'une plateforme internet. L'accès au site se fait en mode sécurisé par identifiant et mot de passe. Le système permet de gérer simultanément des données confidentielles et des données communes. L'utilisateur décide des données qu'il va mettre à la disposition des autres (partage). La cohérence des données mises à la disposition de tous est vérifiée par le super-administrateur (publication). Une étude de la portabilité du kit entre différents systèmes de révélation a aussi été réalisée. 1281 génotypes ont été renseignés dans la base commune dont 939 variétés et 342 hybrides. La base contient de l'information pour 30 marqueurs : 7 de la procédure FN3PT/EPR et 23 spécifiques d'un projet Inra. Ces marqueurs représentent 551 allèles. 1483 profils ont été publiés. Concernant les 7 marqueurs du kit d'identification variétale : 10 nouveaux allèles ont été identifiés grâce au travail réalisé sur une partie de la collection de variétés gérée par l'Inra.

A l'issue du projet nous avons un outil opérationnel : une table contenant tous les profils disponibles est accessible aux partenaires. Cette table est interrogeable par les utilisateurs. Ils peuvent saisir leurs propres données et les partager aux autres partenaires. Certaines fonctionnalités restent cependant à finaliser dont la gestion des échantillons ADN et un module d'importation facilitée de données.

Développement d'outils et de dispositifs d'expérimentation variétale (au vignoble / en serres) pour phénotyper une large gamme de cépages et porte-greffes de vigne vis-à-vis de l'efficience d'utilisation de l'eau.

P. Vivin

INRA, ISVV Bordeaux-Aquitaine, UMR 1287 EGFV, Villenave d'Ornon, France

(vivin@bordeaux.inra.fr)

L'eau est le principal facteur de limitation du rendement chez la vigne et joue un rôle primordial dans l'élaboration de la qualité des raisins. Le changement climatique risque de provoquer en France, particulièrement en zone sud, non seulement une augmentation en fréquence et en intensité des conditions

de sécheresse pour la culture de la vigne mais aussi une raréfaction des ressources en eau qui aura pour conséquence une limitation des possibilités d'irrigation. L'adaptation du matériel végétal (porte-greffe et cépage) est une façon durable et écologiquement responsable d'adapter la viticulture à un contexte de sécheresse accrue. Actuellement, le catalogue français des variétés de vigne cultivées ne mentionne pas les sensibilités variétales au stress hydrique, celles-ci n'étant d'ailleurs pas (et difficilement évaluables) dans les dispositifs actuels et les procédures d'inscription. Par ailleurs, la variabilité génétique observée en terme de stratégie d'adaptation à la sécheresse n'est pas pleinement exploitée pour l'instant dans les programmes de sélection variétale, notamment parce que les mécanismes physiologiques et moléculaires impliqués sont encore largement incompris. Un effort doit être réalisé pour mieux connaître et caractériser le comportement des génotypes face à la disponibilité hydrique et son déterminisme génétique. Cela nécessite entre autre de développer et valider des outils et dispositifs de comparaison variétale au vignoble et/ou en conditions environnementales contrôlées permettant de phénotyper les cépages et porte-greffes existants ou futurs sur des critères de tolérance à la contrainte hydrique faciles à déterminer. L'exposé illustrera l'intérêt scientifique et appliqué de quelques outils et dispositifs utilisés dans ce projet.

Sélection assistée par marqueurs pour la validation et le cumul de QTL de résistance aux principaux stress biotiques et abiotiques chez le pois

M-L. Pilet-Nayel¹, A. Lesné^{1,2}, A. Moussart^{1,2}, C. Devaux^{2,3}, A-S. Niquet-Bulant³, A. Pruvost³, B. Carrouée², I. Lejeune-Hénaut³, A. Baranger¹, E. Hanocq³

¹ INRA, UMR 1349 IGEPP, Domaine de la Motte, BP35237, 35653 Le Rheu Cedex, France (Marie-Laure.Pilet@rennes.inra.fr)

² UNIP, 11 rue de Monceau, 75378 Paris Cedex 08, France

³ INRA, UMR 1281 SADV, 2 Chaussée Brunehaut, Estrées-Mons BP 50136, 80203 Péronne Cedex, France

Le développement du pois protéagineux en France et en Europe reste limité du fait de rendements instables, dus à divers stress biotiques et abiotiques. Les principaux stress limitant la culture du pois sont le gel et l'ascochytose due à *Mycosphaerella pinodes* sur pois d'hiver et la pourriture racinaire due à *Aphanomyces euteiches* sur pois de printemps et d'hiver. Durant les dix dernières années, l'analyse génétique de la résistance/tolérance à ces stress a permis d'identifier trois principaux QTL associés à la fois à la tolérance au gel et à la résistance à *M. pinodes* (Lejeune-Hénaut et al. 2008, Baranger et al. 2010) ainsi que sept principaux QTL de résistance à *A. euteiches* (Hamon et al., 2011, sous presse). Parmi l'ensemble de ces QTL, seul un QTL a été détecté pour la résistance aux trois stress, dans la région génomique du gène *Hr* de sensibilité à la photopériode (Weller et al. 2012).

En vue de soutenir la création de variétés de pois résistantes à ces stress, le programme développé a visé à construire, par sélection assistée par marqueurs, des lignées quasi-isogéniques (NILs) cumulant des allèles de résistance au gel/*M. pinodes*, d'une part, et à *A. euteiches*, d'autre part, à un à trois QTL, dans différents fonds génétiques. Des schémas de rétrocroisement assisté par marqueurs ont été développés pour i)-l'introgression individuelle puis combinée d'allèles favorables issus du géniteur Champagne aux trois principaux QTL de résistance au gel/*M. pinodes* dans la variété de pois de printemps Eden et ii)- l'introgression individuelle ou simultanée d'allèles favorables issus d'un à plusieurs géniteurs (90-2079, 90-2131, PI180693 et 552) aux sept principaux QTL de résistance à *A. euteiches*, dans trois fonds génétiques incluant les variétés de pois de printemps et d'hiver Eden et Isard. Ces schémas ont permis la création de lignées BC2 fixées portant des allèles de tolérance au gel et de lignées BC4, BC5 ou BC6 fixées portant des allèles de résistance à *A. euteiches*, à un à trois des principaux QTL identifiés. Les marqueurs et géniteurs utilisés dans les schémas de rétrocroisement ont été transférés aux sélectionneurs de pois protéagineux, pour intégration dans leurs programmes de création variétale. Les premières NILs ont également été transférées en vue de leur évaluation sur des réseaux multi-locaux en conditions de stress.

A court ou plus long terme, le matériel créé permettra de valider l'effet des QTL de résistance dans plusieurs fonds génétiques et estimer les interactions QTL x fonds génétiques, d'analyser les modes d'action des QTL sur les étapes de développement des stress, de réduire les intervalles de confiance des QTL et approcher leurs fonctions sous-jacentes et d'identifier des combinaisons de QTL permettant d'augmenter durablement les niveaux de résistance aux maladies et de tolérance au gel.

Tolérance du blé tendre aux stress biotiques et abiotiques

D. Gouache¹, M.O. Bancal², P. Bancal², B. Desolan¹ et P. Gate¹

¹ ARVALIS – Institut du végétal

² INRA EGC Grignon

Les stress présents au sein d'une même parcelle de blé peuvent être nombreux et de différentes natures : maladies foliaires, notamment septoriose ou rouille brune, carence directe ou induite en azote, stress hydrique...L'ensemble de ces stress ont le point commun de réduire la surface foliaire verte du couvert utile à la transpiration, la photosynthèse et le métabolisme azoté. Des travaux préliminaires ont démontré pour une même variété une certaine stabilité des courbes de réponse entre le rendement et l'indice foliaire vert intégré pendant la phase de remplissage des grains (IFVi) sous l'influence de tels facteurs de stress. Ce constat témoigne que derrière ces facteurs limitants, des mêmes mécanismes physiologiques opèrent.

Cette piste ouvre donc potentiellement la possibilité de mettre au point un indicateur global de phénotypage « multistress », pour caractériser le comportement des variétés dans différents environnements et conduites de culture pour les expérimentateurs et les sélectionneurs. Pour les producteurs, la démarche permet également de conclure si tolérance « multistress » et potentiel de rendement sont indépendants, donc compatibles ou non.

Le travail mené a mobilisé une base de données importante (Arvalis, INRA, LaSalle) de comportements variétaux sous différents milieux et itinéraires techniques (essentiellement azote × fongicides). Un total de 560 parcelles expérimentales a été analysé à Villiers et Grignon, pour une dizaine de variétés sur 3 ans. La base obtenue a été complétée par les données du projet VarSepto (Arvalis ; 5 sites × 2 années × 6 variétés). Les concepts mis au point à partir de l'exploitation de cette base de données ont été utilisés pour exploiter des données acquises sur le réseau INRA Blés Rustiques (3 sites × 20 variétés × 2 années).

Dans le cadre de ce projet, nous avons mis au point une approche méthodologique capable d'estimer un indice de stress. Cette démarche a nécessité de définir une courbe IFVI-Rendement de référence. Cette référence permet de distinguer une tolérance générique, qui dépend du niveau d'IFVI donc du potentiel de la culture et une tolérance spécifique, caractéristique d'une interaction Génotype × Environnement donnée. Ainsi, une interaction G×E donnée peut être définie par son potentiel et sa rusticité (perte relative de rendement), qui sont largement indépendants. La rusticité peut être déclinée en trois composantes : résistance, échappement et tolérance. Dans notre base de données il existe un « trade off » entre (résistance + échappement) et tolérance, soulignant la nécessité de poursuivre les efforts de recherche dans ce domaine. La possibilité de mieux caractériser la tolérance permettra de sélectionner des variétés productives, tolérantes et partiellement résistantes.

Pour être utilisable de manière opérationnelle, l'indice foliaire vert intégré doit être mesurable de manière simple et non destructive. Une première méthode consiste à estimer l'indice foliaire vert maximum à floraison, par transmittance du couvert puis de suivre la perte de surface verte au cours du remplissage. Le suivi de la sénescence est possible à partir de photos couleur prises à la verticale en calculant une fraction de couverture verte. La limite de cette première méthode tient en la difficulté à estimer de manière précise l'indice foliaire à la floraison : les cultures sont très développées à ce stade, les valeurs de transmittance sont donc très faibles et une faible erreur de mesure a un impact important sur la valeur estimée.

L'indice foliaire vert intégré est fortement lié à l'interception du rayonnement par les parties vertes de la culture. On peut donc approcher l'IFVI au travers d'une mesure d'interception du rayonnement par les parties vertes. D'un point de vue pratique, deux méthodes ont été testées :

- L'utilisation combinée de photos verticales et à 57° permet, via une modélisation simple, de calculer la fraction du rayonnement interceptée par la culture.

- Le LIDAR (light detection and ranging) utilise les propriétés d'un faisceau laser renvoyé par un objet pour en déduire sa distance et éventuellement son état. Cette méthode apporte des précisions sur la structure de l'interception lumineuse par la culture : par les épis, les strates foliaires supérieures, les strates inférieures.

Toutes ses méthodes sont non destructives et peuvent être effectuées à haut-débit. Elles apportent des informations un peu différentes de la méthode de référence et doivent donc être évaluées face à la méthode de référence avant utilisation pour du phénotypage, dans le cadre d'un programme de sélection.

Les résultats de ce projet, à poursuivre, sont d'ores et déjà à la fois encourageants et novateurs : approche « multistress » possible, estimation d'indices de tolérance pour caractériser les variétés, les interactions avec les environnements avec une possibilité de phénotyper à haut débit. La démarche permet aussi d'identifier

les réglages des pratiques culturales (densité de semis, fractionnement de l'azote, variété...) maximisant les chances d'exprimer la tolérance. La méthode mise au point pourra en parallèle être utilisée pour tester quantitativement des hypothèses, analyser si par exemple des caractéristiques variétales connues (comme par exemple le nombre de grains par épi, le besoin en azote pour produire un quintal), ou même l'association de variétés concourent à la tolérance ou à la rusticité. La possibilité de phénotyper l'IFVi à haut débit ouvre des perspectives de mises en œuvre opérationnelles dans le cadre des projets « grand emprunt » comme Breedwheat et Phénome.

Agir rapidement pour contenir la carie commune

Laurence Fontaine

ITAB, Maison de l'agriculture 9, rue André Brouard 49 105 ANGERS cedex 02

La carie commune du blé est une maladie fongique très ancienne, courante en France jusque dans les années cinquante, où la lutte chimique a permis de la réduire à un bruit de fond. Elle s'est de nouveau fait sentir il y a une dizaine d'années, en particulier en agriculture biologique (AB), où, en l'absence de prophylaxie, elle peut engendrer des refus de lots de céréales voire des pertes de récolte importantes.

Face aux difficultés de contrôle de cette maladie, liées à son très fort pouvoir de propagation (par le sol ou les semences), diverses pistes ont été explorées dans un programme de recherche financé par le Ministère de l'Agriculture (Contrats de Branche 2008-2011). Les objectifs étaient de mieux comprendre l'épidémiologie de la carie, de tester des moyens de lutte curative compatibles avec le cahier des charges de l'AB, d'identifier les leviers d'action pour prévenir les contaminations et limiter la propagation de la maladie.

Les résultats des recherches ont confirmé l'importance de combiner les méthodes de contrôle. En premier lieu, les mesures préventives sont indispensables pour limiter cette maladie au très fort pouvoir de propagation, sachant qu'il n'existe pas de traitement de semences homologué en AB efficace à 100%. La prévention passe par l'observation des parcelles, le choix des semences, la réalisation d'analyses régulières des semences de ferme, le nettoyage des matériels de récolte et, surtout, la mise en œuvre de rotation des cultures diversifiées. En complément, le choix variétal est important, car bien que la plupart des variétés de blé tendre cultivées en AB soient sensibles à la carie, quelques unes montrent de bons niveaux de résistance. Enfin, en matière de traitement des semences, plusieurs pistes prometteuses ont été repérées. Le seul produit homologué à ce jour (Cerall) montre une efficacité significative mais parfois irrégulière. Des produits à base d'acide acétique (vinaigre blanc) ou de farine de moutarde (Tillecur) conduisent à un niveau de protection équivalent. Des apports de cuivre à des doses très réduites (de l'ordre de 50g Cu/q) donnent aussi de très bons niveaux de protection.

Des perspectives encourageantes de recherches ont été pointées, autant au laboratoire qu'au champ. Des travaux se poursuivent pour conforter les résultats en matière de traitement des semences, tandis que la question de l'homologation de certains produits se pose. Des tests variétaux sont à poursuivre, tout en travaillant sur la caractérisation des souches de carie présentes sur le territoire français. Enfin, la mise au point de tests de détection précoce de la carie et de la viabilité des spores progresse.

Mise en place d'une méthode d'évaluation et des règles de décision pour les variétés de sorgho destinées à l'ensilage et à l'utilisation énergétique de la biomasse au CTPS

Bernard Aizac

GEVES, Unité expérimentale du Magneraud - BP 52 - Saint Pierre d'Amilly - 17700 SURGERES

Dans le cadre de ce programme, trois laboratoires (INRA Lusignan, CIRAD Montpellier et Germ Service) ont travaillé à la mise au point d'une équation NIRS à partir des travaux antérieurs de ces 3 laboratoires et des analyses réalisées sur les variétés déposées au CTPS.

Les équations élaborées dans ce cadre seront utilisées par l'ensemble des intervenants et ont permis à chacun d'améliorer sa capacité de prédiction. Elles serviront à qualifier les variétés en étude et à déterminer leur concentration en UFL.

En collaboration avec Arvalis (station expérimentale de la Jaillière), une équation permettant de calculer la teneur en UFL à partir de la digestibilité enzymatique de la ms (DCS), de la teneur en amidon et de la teneur

en matière minérale a été élaborée. Ces travaux ont été réalisés à partir de résultats d'analyses de la dégradation d'échantillons broyés placés en sacs nylon dans le rumen de vaches fistulées.

Pour l'aspect expérimentation sur le terrain, deux zones de précocité ont été définies : une zone demi-précoce (vallée de la Loire, ouest, sud-ouest) et une zone tardive (sud-ouest et sud-est). Pour chaque zone, des témoins sont définis par la section CTPS après proposition par le groupe d'experts VATE sorgho.

Au cours du programme, le groupe d'experts a aussi mis en place une échelle simplifiée de notation pour la verse (notation de 0 à 10 proportionnelle à la verse constatée) afin d'analyser ce caractère à l'aide d'outils statistiques. Ils ont aussi proposé l'utilisation d'une « valeur d'usage » correspondant au rendement en matière sèche pondéré par la précocité (0.2 t/ha par point de ms) multiplié par 2 fois la teneur en UFL.

Pour juger des variétés en vue de leur inscription, la section de janvier 2013 a approuvé, sur proposition des experts les règles suivantes :

Admission des variétés ayant une valeur d'usage non significativement inférieure aux témoins au seuil $\alpha = 0.20$ et ayant une note de verse non significativement supérieure au témoin au seuil $\alpha = 0.05$.

Les variétés admises seront classées dans la rubrique « sorgho fourrager monocoupe ensilage » si leur teneur en UFL est supérieure à la limite haute définie par rapport aux 5 témoins de la zone, elles seront classées dans la rubrique « sorgho fourrager monocoupe à usage principalement industriel » pour celles dont la teneur en UFL est inférieure à la limite basse. Celles situées dans l'intervalle seront classées dans la rubrique « sorgho fourrager monocoupe double usage ».

Au cours de cette étude, il a été mis en évidence la très grande variabilité intra spécifique du niveau de digestibilité du matériel proposé. Sur la vingtaine de variétés déposées au catalogue français, on pouvait observer des niveaux de concentration en UFL qui allaient de 0,69 à 1,03 (moyenne sur 3 ans d'essais).

Pourritures molles du radis porte-graine : identification et caractérisation des bactéries responsables, épidémiologie de ces bactérioses et évaluation de méthodes de lutte.

Julie Gombert¹, Benoît Mériaux¹, Valérie Hélias², Didier Andrivon³, Nicolas Leduc⁴ et Emmanuelle Laurent¹.

¹ FNAMS, Centre Technique, Impasse du Verger, 49800 Brain-sur-l'Authion

² FNPPPT, INRA-UMR 1349 IGEPP, 35653 Le Rheu

³ INRA-UMR Bio3P, 35653 Le Rheu

⁴ UFS, 17 rue du Louvre, 75001 Paris

1 email : julie.gombert@fnams.fr

La France est le premier pays producteur de semences de *Raphanus sativus* L. var *sativus*. Au cours des campagnes de production 2006 et 2007, des destructions de racines très importantes de racines de radis ont été observées dans les parcelles de multiplication de variétés récemment développées. Les symptômes localisés sur les racines et plus rarement sur le bas des tiges se traduisent par un pourrissement accompagné d'un affaissement de la plante et une odeur nauséabonde. Ils sont, de ce fait, attribués aux bactéries pectinolytiques *Erwinia carotovora* - récemment renommées *Pectobacterium carotovorum*. L'objectif de ce projet était d'apporter des réponses aux problèmes de rendement des cultures de production de semences de radis générés par les pourritures molles.

En étiologie, sur les trois types de symptômes, deux ont été identifiés comme d'origine bactérienne. Ces différents symptômes ont été décrits et les confusions de diagnostic possibles avec d'autres symptômes de pathogènes fongiques ou de ravageurs identifiés. La seule espèce bactérienne isolée des deux premiers types de symptômes bactériens est *Pectobacterium carotovorum*. Une collection de 224 souches de cette espèce a été constituée au cours de trois années de collecte dans les principaux bassins de production de semences de radis.

La caractérisation génétique de ces souches par groupes RFLP a permis de mettre en évidence une large diversité génétique sans spécification marquée vis-à-vis de l'année de production, de la zone de production ou du type variétal de radis. De plus, les groupes RFLP dans lesquels sont versées ces souches contiennent également des souches issues d'autres espèces cultivées. De ce fait, la mise au point d'un outil de détection spécifique des souches du radis est apparue peu probable.

Outre la caractérisation génétique des souches collectées, une caractérisation phénotypique à l'aide d'un test d'agressivité, également mis au point par l'UMR Bio3P, a été réalisée sur les souches collectées. Bien qu'une certaine variabilité d'agressivité a été enregistrée, il n'a pas été possible de conclure à une agressivité spécifique liée à l'espèce hôte, la zone de production ou le type variétal.

La méthode de détection de *Pectobacterium carotovorum* à partir d'échantillons de semences et de sol, mise au point par l'UMR Bio3P, a permis d'apprécier l'importance de ces deux sources d'inoculum potentielles. Les analyses de semences récoltées dans des parcelles de multiplication de radis fortement touchées par les pourritures molles en 2008 ont permis d'écarter les semences comme source d'inoculum de *Pectobacterium carotovorum*. Par contre, les analyses de sol et un essai complémentaire réalisé en conditions semi-contrôlées en 2011 ont confirmé l'importance du sol comme source de contamination des parcelles.

Les différentes approches mises en œuvre pour les travaux d'épidémiologie ont permis, malgré la faible pression de la maladie tout au long du programme, de dégager certains facteurs de risque tels que le type variétal (type rond rouge plus sensible que demi-long), les conditions climatiques. D'autres facteurs de risque tels que la fertilisation azotée et la gestion du parcellaire sont également suspectés d'influencer le développement des pourritures molles. Enfin, les conditions climatiques favorables au développement des symptômes de pourritures molles ont été précisées : les précipitations doivent s'accompagner de températures supérieures à 16°C.

Ainsi, ce projet a permis d'acquérir les connaissances et de développer des outils nécessaires à la maîtrise de la pourriture molle du radis porte-graine.

Mise en place du catalogue français de variétés de maïs potager doux et popcorn

Luciani A.⁽¹⁾, Muracciole V.⁽¹⁾, Léchappé J.⁽¹⁾, Maton C.⁽¹⁾, Boulineau F.⁽¹⁾

(1) GEVES, 25 rue Georges Morel, CS 90024, 49071 Beaucouzé cedex

Depuis l'entrée en vigueur de la directive 2006/124/CE en 2006, les variétés de maïs doux et pop-corn doivent être homologuées avant leur commercialisation. Ce projet de mise en place du catalogue français de variétés de maïs potager doux et popcorn en réponse à cette directive avait pour double objectif : la mise au point d'une plate forme d'acquisition de données par vision artificielle afin de caractériser les variétés de maïs potager au niveau de la graine, et la constitution et description d'une collection européenne de maïs potager. 23 variétés de maïs potager candidates à l'inscription et 11 témoins ont été étudiés. Les mesures et descriptions ont portées sur 40 grains par variétés, issus de quatre épis. A l'aide d'une caméra et du logiciel de traitement d'images ImageJ, longueur et largeur des grains ont été mesurées. Six caractères spécifiques au maïs potager ont par ailleurs été pris en compte pour l'étude de Distinction, Homogénéité et Stabilité. La description par analyse d'images permet de distinguer nettement les variétés de maïs pop corn des autres types. Les caractères DHS étudiés ont été adoptés par l'UPOV et l'OCVV. Le catalogue maïs potager a été ouvert et les premières variétés adaptées y ont été inscrites.