

Compte rendu de la 18^e Conférence Internationale sur le Tournesol : Mar del Plata & Balcarce (Argentine), 2012

Étienne PILORGÉ¹
 Luc CHAMPOLIVIER¹
 Sylvie DAUGUET¹
 Pierre JOUFFRET¹
 Françoise LABALETTE²
 Nathalie LANDÉ¹
 André MERRIEN¹
 Emmanuelle MESTRIES¹
 Annette PENAUD¹
 Frédéric SALVI¹
 Christophe VOGRINCIC¹

¹ CETIOM (Centre technique interprofessionnel des oléagineux et du chanvre),
 Avenue Lucien Brétignières,
 78850 Thiverval-Grignon,
 France

<pilorge@cetiom.fr>

² ONIDOL (Organisation nationale interprofessionnelle des oléagineux),
 11 rue de Monceau,
 75 378 PARIS

<f.labalette@onidol.fr>

Article reçu le 26 juillet 2012

Accepté le 3 septembre 2012

Avertissement

Le pays d'origine des intervenants et auteurs cités est indiqué par le code ISO du pays (tableau 1).

Organisation de la Conférence

Cette 18^e conférence de l'International Sunflower Association (ISA) visait à faire le point sur les avancées de la recherche

Abstract: Review of the 18th International Sunflower Conference: Mar del Plata & Balcarce (Argentina), 2012

The 18th International Sunflower Conference took place in Mar del Plata, Argentina, in February, 2012. The key-points and evolutions of sunflower research were presented, in the fields of agronomy, physiology, genetics and genomics, crop protection, quality and markets. Major evolutions can be observed concerning the sequencing of sunflower genome, announced to be complete by the end of 2012, but also concerning the use of models and the progress in the studies on the interactions between varieties genetic pattern, environment and crop management practices. In crop protection aspects, the evolutions of the major pathogens, downy mildew and *Orobanche cumana*, have been discussed, as well as the breeding efforts for genetic resistances, or the advances concerning the herbicides tolerant varieties. Evolutions in oil quality aspects have been exposed too, such as varieties enriched in stearic acid, or tocopherols, or with low contents in saturated fatty acids.

Key words: sunflower, ISA Conference

et de la sélection depuis la conférence de Cordoue en 2008, identifier les nouvelles questions et les points d'intérêt nécessitant des efforts de recherche, et susciter des rencontres entre générations de chercheurs sur le tournesol. La Conférence a été organisée par l'ISA (www.isa.cetiom.fr) et l'Asagir (Asociación Argentina de Girasol – www.asagir.org.ar/asagir2008/), du 27 février au 1^{er} mars 2012. Elle a rassemblé environ 650 participants de 14 pays. Si les leaders traditionnels étaient bien représentés, on peut regretter la faible participation de pays tels que l'Inde, la Chine et les pays africains (à l'exception de l'Afrique du Sud).

Cette conférence a rassemblé 187 communications écrites (hors workshops), dont 33 proposées par des équipes françaises, et près de 160 posters (tableau 2). Une quarantaine d'orateurs se sont succédé à la tribune : 28 pour

des conférences plénières et 14 pour de courtes présentations.

Le tournesol en Argentine

Faut-il le rappeler, l'Argentine est une puissance agricole de rang mondial dont les exportations, en tête de la balance commerciale du pays, lui fournissent des recettes essentielles. La recherche dans ce domaine fait par conséquent l'objet d'un soutien significatif (public comme privé). Parmi les cultures d'échange historiques, le tournesol figure en bonne place et l'on peut regretter que la situation du tournesol en Argentine n'ait pas fait l'objet d'une présentation spécifique lors de la conférence. Cependant, des informations ont été fournies durant les visites annexes, notamment sur les deux grandes régions de production du

Pour citer cet article : Pilorgé E, Champolivier L, Dauguet S, Jouffret P, Labalette F, Landé N, Merrien A, Mestries E, Penaud A, Salvi F, Vogrincic C. Compte rendu de la 18^e Conférence Internationale sur le Tournesol : Mar del Plata & Balcarce (Argentine), 2012. OCL 2012 ; 19(6) : 379-392. doi : 10.1684/ocl.2012.0478

Tableau 1. Codes ISO de chaque pays et nombre de participants par pays.

Code	Pays	Nombre de participants
ZA	Afrique du sud	10
DE	Allemagne	11
AR	Argentine	287
AU	Australie	7
BR	Brésil	4
BG	Bulgarie	1
CA	Canada	5
CH	Suisse	2
CL	Chili	2
CN	Chine	1
HR	Croatie	1
EC	Équateur	1
ES	Espagne	1
US	États-Unis	57
FR	France	62
HU	Hongrie	4
IN	Inde	2
IL	Israël	1
IT	Italie	3
UG	Ouganda	1
PY	Paraguay	1
RO	Roumanie	6
GB	Royaume-Uni	1
RU	Russie (fédération de)	10
RS	Serbie	11
TR	Turquie	4
UA	Ukraine	3
UY	Uruguay	1

Centre-Ouest et du Sud-Est. La production de tournesol argentine a atteint 3,56 millions de tonnes en 2010/11 (source Oil World). Les surfaces ont fortement diminué depuis 15 ans passant de 3 millions d'hectares en 1996 à 1,6 million d'hectares en 2010. Cette diminution est principalement liée à la concurrence du soja, notamment dans les situations les plus fertiles, cette culture ayant été fortement favorisée par la disponibilité des variétés « Roundup Ready » résistantes au glyphosate. L'arrivée du soja a bouleversé le système antérieur basé en grande partie sur l'alternance tournesol-blé. Dans le Centre-Ouest, les surfaces de tournesol sont passées de 1,3 million d'hectares en 1997 à 530 000 ha en 2012, et dans le Sud-Est de 750 000 ha à 590 000 ha. Dans le même temps, ces deux régions

ont connu des changements notables des pratiques agricoles, le semis direct passant de 25 % à plus de 80 % des surfaces dans le Centre-Ouest, et à environ 50 % dans le Sud-Est. Cette évolution a été indubitablement facilitée par l'émergence des hybrides de tournesol tolérants aux herbicides inhibiteurs de l'ALS¹ qui aujourd'hui concernent 68 % des surfaces dans le Centre-Ouest de l'Argentine. L'intensification est également marquée par la recherche de peuplements plus élevés (arrêt des graines de ferme, qualité des semences, taux de levée), de l'ordre de 5 à 5,5 plantes/m², et par l'utilisation de fongicides. Dans le Sud-Est, le raisonnement de la fertilisation et l'avancement

¹ ALS : enzyme acétolactate-synthase.

des dates de semis comme stratégie d'évitement des maladies ont également fait l'objet d'attentions. Plus récemment, la question de la diversification se pose et l'intérêt d'un développement du colza est en cours d'évaluation.

Physiologie : la résistance aux stress reste le fil directeur

Cette session a fait l'objet de 2 présentations orales et 27 posters. L'ensemble de ces communications était en forte interaction soit avec la génétique, soit avec la conduite de culture ou la qualité. Les travaux présentés ont porté sur 6 grands items :

La tolérance aux stress (eau, salinité, températures)

L'ajustement de la surface foliaire reste un critère majeur dans les travaux de recherche en cours sur la tolérance au stress hydrique. Aguirrezabal *et al.* (AR) ont ainsi caractérisé la réponse de la croissance foliaire sous contrainte hydrique de 18 lignées représentant une large variabilité génétique pour ce critère. Ce travail a été réalisé sur de jeunes plantes cultivées en pots à l'aide d'une plateforme automatique de phénotypage « low cost » installée sous serre (Pereyra-Irujo *et al.*, 2012). La croissance foliaire a été caractérisée par sa vitesse et sa durée ainsi que par la capacité des plantes à la restaurer après une période de stress hydrique. Les génotypes les plus contrastés ont fait l'objet d'une caractérisation physiologique et génétique plus complète. Des marqueurs moléculaires associés aux caractéristiques de la croissance foliaire ont été identifiés dont un marqueur stable dans des environnements variés (Alberdi *et al.*, AR). L'originalité de ce travail réside dans le couplage entre l'approche génétique et l'approche phénotypique, associant des caractérisations aux niveaux morphologique, biochimique et moléculaire.

Le recours à la modélisation est une approche complémentaire développée par l'INRA (Debaeke *et al.*, FR) pour appréhender les effets du stress hydrique selon le comportement des variétés et selon la période d'application du déficit. Le critère « surface foliaire » y est déterminant. On identifie ainsi les interactions génotypes x milieux (principale-

Tableau 2. Répartition des communications par thématiques

	Communications orales	Posters	Total
Oiseaux/ravageurs	2	4	6
Orobranche	1	7	8
Marchés	2	3	5
Qualités/applications	4	12	16
Phytopathologie	3	35	38
Physiologie	2	27	29
Résistance aux herbicides	3	11	14
Sélection	3	24	27
Génomique	3	11	14
Production et conduite de culture	5	25	30
Total	28	159	187

ment sous l'angle du stress hydrique) permettant d'orienter le choix variétal selon le milieu et le risque de contrainte (niveau du stress, période).

Les espèces sauvages sont toujours source de recherche de variabilité. Un *screening* a été réalisé par Moroni *et al.*, (AR) pour identifier les caractères morphologiques et physiologiques d'intérêt au regard de la tolérance à la sécheresse : teneur en eau relative des feuilles, elle-même liée à la température du couvert, surface foliaire, teneur en chlorophylle apparaissent les plus pertinents à prendre en compte.

La tolérance à la salinité a fait également l'objet d'une communication (Ceccoli *et al.*, AR), sur la variabilité génétique exprimée entre quatre génotypes. La capacité d'ajustement osmotique sous excès de salinité permet aux plantes tolérantes de conserver une croissance plus élevée que les témoins sensibles.

La tolérance aux températures basses est une voie d'amélioration pour les dates de semis de tournesol : semis plus précoces, stratégie d'esquive par rapport à une sécheresse estivale. Une meilleure activité antioxydante dans les feuilles (liée à l'activité enzymatique) chez des plantes soumises à des températures froides (5 °C pendant 72 heures) leur permet de mieux conserver l'activité de l'appareil photosynthétique même sous températures basses (Fabio *et al.*, AR).

L'effet négatif de températures moyennes élevées pendant la période de remplissage des graines est mieux représenté lorsque l'on prend à la fois en compte un effet direct de la température, en complément de l'effet

indirect de la température sur la quantité de rayonnement intercepté via une réduction de la durée du remplissage.

Germination et dormance

La dormance des graines à la récolte a fait l'objet d'un très bon travail (Bodrone *et al.*, AR). Les auteurs démontrent que l'induction de la dormance est un caractère lié à la coque. L'induction se produit à des températures élevées (32 à 37 °C) durant la seconde moitié de la phase de remplissage des graines. Des gradients sont ainsi mis en évidence selon les dates de semis. Le travail se poursuit sur la réversibilité de cette dormance induite, par l'effet de températures basses. Cette approche est complétée par quelques travaux sur l'impact de la photopériode et du rayonnement incident sur l'entrée en dormance des graines (Pizzorno *et al.*, AR) : une réduction du rayonnement arrivant sur les graines pendant leur période de croissance diminue la dormance liée à la coque. Les jours plus courts conduisent à une augmentation de la dormance (plutôt liée au fruit). En cas de semis en conditions sèches, la germination des graines pourrait être stimulée par leur inoculation : deux bactéries « bénéfiques » sont ainsi identifiées par Castillo *et al.* (AR). Cet effet serait expliqué par des modifications de l'équilibre en hormones de croissance (AIA² et ABA³).

² Acide indoleacétique.

³ Acide abscissique.

Des différences significatives de températures de base et optimale de germination ont été mises en évidence par Belo *et al.* (AR), qui proposent donc d'adapter les régions de culture et les dates de semis à ces caractéristiques.

Ajustement foliaire et photosynthèse

Au-delà des travaux sur la variabilité génétique de la tolérance au stress et de l'ajustement de la surface foliaire, les effets des pertes de feuilles suite à des défoliations pathologiques (phomopsis) sont décrits et quantifiés par Desanlis *et al.* (FR). Les auteurs mettent en évidence que le taux de réduction de la photosynthèse est supérieur au taux de surface de feuille visuellement nécrosée. Cette réponse est variable en fonction de la sensibilité de la variété à la maladie, la photosynthèse étant plus réduite chez les génotypes résistants pour un taux de nécrose donné. Ces résultats seront intégrés dans un sous-module « maladies » du modèle SUNFLO.

Petersen *et al.* (AR) ont quantifié la photosynthèse des cotylédons et démontré leur contribution essentielle à la croissance juvénile de la plantule, au-delà d'une simple fonction d'organe de réserve. Sato *et al.* (AR) ont établi que la réponse de la croissance des feuilles et de la jeune plantule (hypocotyle) sous contrainte hydrique sont corrélées : la croissance de l'hypocotyle pourrait donc constituer un indicateur très précoce du comportement de la surface foliaire des plantes en réponse à un stress hydrique.

Moschem *et al.* (AR) ont cherché à identifier des gènes candidats pour expliquer la variabilité de la sénescence foliaire. Des différences entre génotypes au niveau du flétrissement des feuilles (et au niveau de la réduction induite de transpiration) pourraient être un critère de sélection pour l'amélioration du comportement hydrique du tournesol (Velasquez *et al.*, AR). Le flétrissement constituerait un mécanisme d'économie d'eau et de protection contre le stress thermique et les hauts niveaux de rayonnement incident.

Impact sur la qualité

L'impact des températures sur la composition en acides gras (AG) de l'huile a été précisé par Ferfua *et al.* (IT). La delta 12 désaturase est ainsi activée ou inhibée dans les stades juvéniles de

l'embryon sous l'effet des conditions ambiantes (température principalement). Angeloni *et al.* (AR) ont modélisé les effets conjoints des températures et des radiations interceptées sur la teneur en huile de la graine.

La persistance d'une alimentation carbonée en fin de cycle (via la surface foliaire) agit sur la teneur en huile et sa composition en acides gras (Echarte *et al.*, AR). Sur la base des résultats d'une étude menée sur un génotype conventionnel, les auteurs proposent le schéma conceptuel suivant : lorsque la fourniture d'assimilats carbohydratés au grain est très faible, les premières étapes de la synthèse de l'huile et la désaturation de l'acide oléique ne sont pas saturées : la plus grande part de l'acide oléique produit peut être transformée en acide linoléique. Lorsque la fourniture d'assimilats augmente, l'étape de désaturation de l'acide oléique devient saturée et la teneur en acide oléique augmente. La teneur en huile et la teneur en acide oléique augmentent alors au même rythme. L'obtention de teneurs en huile et en acide oléique élevées dépend donc de la persistance de l'alimentation carbonée en fin de cycle.

Fécondation

Une communication (Astiz *et al.*, AR) portait sur le caractère limitant ou non du pollen lors de la fécondation, basée sur une étude comparative entre des hybrides et des lignées parentales. La présence d'une zone non fécondée sur le capitule ne semble pas dépendre de l'offre en pollen au sein du capitule (quantité et viabilité du pollen non limitantes) et un gradient centripète positif de quantité de pollen par fleur a été observé. Les fleurs de la périphérie qui s'ouvrent en premier ont plus de chance d'être pollinisées par allogamie alors que les fleurs plus internes, désavantagées en termes de position et de morphologie, seraient plus dépendantes de l'autopollinisation.

En matière de nutrition, une unique communication a porté sur le transfert racinaire du cadmium (Laporte *et al.*, FR).

Ainsi, les efforts en matière de physiologie sont principalement le fait des équipes argentines, puis françaises et italiennes. Le couplage des approches en physiologie et en génétique d'une part, et d'autre part la mise en cohérence

des connaissances dans des modèles intégrant des paramètres variétaux utilisables pour simuler les interactions génotypes x environnement, sont des axes forts. La compréhension du comportement aux stress reste le fil directeur principal de ces travaux. Luis Aguirrezabal (AR) concluait son intervention en appelant à investir dans le phénotypage, goulot d'étranglement pour les progrès de la recherche en raison des moyens humains et financiers qu'il exige, et par un appel à la création d'un réseau international de phénotypage vis-à-vis de la tolérance au stress hydrique.

Production et conduite de culture : connaître et gérer la variabilité

Le thème « conduite et systèmes de culture » a fait l'objet de 30 communications dont 5 orales. Les principaux pays contributeurs ont été l'Argentine (14 communications) et la France (11), les autres communications provenant d'autres pays européens (4). Antonio Hall (AR) a introduit la thématique avec une analyse des écarts entre le potentiel génétique du tournesol et les rendements obtenus, sur la base des résultats d'essais et d'enquêtes chez les agriculteurs.

La compréhension de l'élaboration du rendement (graines et huile)

La compréhension de l'élaboration du rendement (graines et huile) a fait l'objet de 9 communications et posters. La plupart des dispositifs structurent la variabilité étudiée en jouant sur un ou plusieurs facteurs agronomiques : la densité (7 cas), la structure du peuplement (2 cas), les variétés (3 cas), la diversité des milieux en mobilisant des dispositifs multilocaux et pluriannuels (4 cas).

Sur un réseau d'essais densités x variétés multilocal et de résultats d'enquêtes en parcelles d'agriculteurs Andrianasolo *et al.* (FR) identifient trois catégories de comportement des variétés d'après l'existence ou non de corrélations entre la densité de peuplement, la teneur en huile, le poids de mille graines et la teneur en coques.

Les résultats présentés confirment l'effet négatif des faibles densités sur la teneur

en huile (Canepa *et al.*, AR) et l'absence d'intérêt en termes de rendement de l'augmentation des densités dans les zones à potentiel limité (Ghironi *et al.*, AR). Ferrero *et al.* (AR) montrent qu'en conditions semi-arides à faible potentiel, les pertes de rendement par rapport à un peuplement optimum (5,5 plantes/m² régulièrement réparties) sont plus faibles dans le cas d'un peuplement peu dense (3,9 plantes/m²) que dans le cas d'un peuplement plus dense (7 plantes/m²) en raison de la compétition entre plantes plus élevée dans le second cas.

À l'opposé, l'étude de Lopez Pereira et Hall (AR) en conditions irriguées faisant varier la surface disponible par plante via différentes densités de peuplement (1 à 14,3 plantes/m²) et écartements entre rangs (0,70 et 1,40 m) montre que le rendement en huile et la biomasse totale par unité de surface à maturité sont liés positivement avec la densité de peuplement jusqu'aux peuplements les plus denses. Le taux de fertilité des fleurs et l'indice de récolte sont très stables. Les réponses les plus claires à la densité et à la structure du peuplement concernent par ordre d'importance le nombre de fleurs (et donc de graines), le poids de mille graines et la teneur en huile. Ces résultats diffèrent de ceux, plus anciens, obtenus par Villalobos qui montraient une stabilité de la biomasse totale au-delà de 5 plantes/m². Les auteurs suggèrent qu'il s'est exercé une sélection variétale involontaire sur la tolérance aux densités de peuplement élevées et qu'on obtient une réponse du rendement et de ses composantes à des densités bien supérieures à celles pratiquées il y a 20 ans (5 plantes/m² versus 7 plantes/m²).

La modélisation

Plusieurs interventions ont porté sur l'utilisation des modèles. Debaeke (FR) a montré l'intérêt des modèles de culture pour élaborer et tester des stratégies de production visant des objectifs prédéfinis et tenant compte des contraintes, en complément des informations issues des méthodes classiques (enquêtes diagnostic des facteurs limitants, essais factoriels, tests en fermes). Casadebaig et Debaeke (FR) illustrent la possibilité d'utiliser le modèle de culture SUNFLO pour valoriser les interactions génotypes x environnement x conduite (IGEC) avec une expérimentation virtuelle construite à

partir de sept caractères génotypiques, deux pratiques culturales et diverses conditions pédoclimatiques. Les résultats montrent que non seulement la précocité variétale mais aussi d'autres traits comme la surface foliaire, l'architecture foliaire ou la régulation stomatique sont des caractères à mobiliser pour réduire l'écart entre le potentiel du génotype et son expression phénotypique.

Illustrant une autre valorisation des modèles de culture, Champolivier (FR) a présenté COLLECTO, simulateur informatique utilisant le modèle SUNFLO pour construire et optimiser des stratégies de production à l'échelle d'un bassin de collecte sur des critères de production (rendement et teneur en huile) et économiques (marges brutes des organismes de collecte et des agriculteurs). Ce type d'utilisation repose sur la réalisation d'une typologie du bassin sur les critères correspondant aux données d'entrée du modèle (sol, climat, conduite de culture). Pour simuler la production à l'échelle d'un bassin avec un outil comme COLLECTO, la connaissance des pratiques culturales à l'échelle régionale est nécessaire, mais ces données sont rarement disponibles et coûteuses à acquérir par voie d'enquête. Salvi *et al.* (FR) proposent une démarche statistique visant à les déduire de bases de données déjà existantes décrivant les principales caractéristiques des exploitations. À des fins de simple prévision du rendement à l'échelle régionale, Garcia-Lopez (ES) a présenté un modèle simple empirique (SOM) utilisant un nombre très réduit de données d'entrée (climat et sol). Les résultats sont jugés au moins aussi bons que ceux obtenus avec des modèles de culture plus complexes.

L'imagerie satellitale

L'utilisation des technologies satellitales pour le diagnostic et la décision progresse. Les capteurs satellitaires permettent désormais de mettre en évidence des différences de vitesse de croissance de la culture, d'estimer des indices foliaires et des températures de végétation (Farrell, AR). En revanche, l'estimation du statut d'alimentation azotée reste à améliorer (Merrien *et al.*, FR). Garcia Accinelli *et al.* (AR) ont présenté une utilisation de ces informations à des fins de diagnostic de variabilité de rendement à l'échelle

régionale (capacité de la culture à absorber le rayonnement photosynthétiquement actif et efficacité d'utilisation du rayonnement intercepté). Merrien *et al.* (FR) ont exploré l'intérêt de l'imagerie satellitale pour l'aide à la conduite de la culture pour trois applications : conduite de l'irrigation avant la floraison basée sur l'évolution de l'indice foliaire, conduite de la fertilisation azotée par l'estimation précoce de l'indice de nutrition azotée et estimation du potentiel de rendement par la mesure de la vitesse de décroissance de l'indice foliaire après floraison.

Les associations de cultures

Deux communications (Tribouillois *et al.*, FR ; Landé *et al.*, FR) ont présenté des travaux sur l'association des cultures de tournesol et soja en France. Au niveau économique, les associations présentent des marges brutes inférieures à celles du tournesol seul et supérieures à celles du soja seul. Dans le cas où les deux cultures sont déjà présentes sur l'exploitation, les associer permet d'obtenir de meilleurs résultats en rendement et en marge brute pour la combinaison « 2 rangs de tournesol/4 rangs de soja » en conduites bas intrants ou Agriculture Biologique sans irrigation. Pour les conduites conventionnelles à haut niveau d'intrants, l'avantage reste aux cultures seules car la compétition entre cultures devient pénalisante. Les résultats montrent aussi que la fixation symbiotique d'azote par le soja est plus élevée en association qu'en culture seule.

L'association du tournesol avec des légumineuses fourragères (trèfles et lotier) peut présenter une alternative intéressante pour la production de fourrage (ou pour la qualité azotée des résidus enfouis) en améliorant la qualité des résidus de culture (Vallduvi *et al.*, AR).

La variabilité des rendements

La question de la variabilité intraparcélaire du rendement a été abordée par Calvino *et al.* (AR) avec les techniques d'agriculture de précision, sur la base d'une enquête sur 98 parcelles d'agriculteurs sans travail du sol « no till » et subdivisées en « zones de conduite » homogènes sur le critère du niveau de réserve utile (utilisation de capteurs de rendement et géolocalisation). Il ressort que la variabilité interparcellaire des

rendements (17,8 %) et la variabilité intraparcélaire (entre zones de conduite homogènes : 15,6 % en moyenne, avec des valeurs de 6 à 35 %), sont du même ordre, ce qui montre qu'une forte part de la variabilité intraparcélaire ne peut être expliquée dans les champs gérés en zones de conduite basées sur un seul critère. Les résultats montrent qu'au-delà d'une réserve utile en eau du sol de 200 mm, la variabilité de rendement intraparcélaire s'estompe.

Le travail du sol

En matière de travail du sol simplifié, Lange (AR) a présenté une revue des problèmes liés à la pratique du semis direct en Argentine et des innovations techniques permettant de les réduire : sélection variétale sur la vigueur, ajustement des programmes de fertilisation en réponse à une nitrification plus lente et une stratification des éléments minéraux, utilisation des variétés résistantes aux herbicides, broyage des résidus... L'auteur conclut qu'il existe des solutions techniques aux problèmes rencontrés dans la plupart des cas, mais que ces solutions devront être à bas coûts pour être mises en œuvre. Scheiner *et al.* (FR) ont étudié les conséquences de la compaction du sol sur le système racinaire du tournesol notamment dans des systèmes de culture en travail du sol réduit et constatent que la compaction conduit à une modification de l'architecture et à une diminution de l'exploration racinaire.

Phytopathologie : mildiou et phomopsis à l'honneur

La session « Phytopathologie » a fait l'objet de 3 conférences plénières et de 35 communications abordant une douzaine de maladies. Avec 13 communications, pour moitié issues de travaux français, le mildiou est la maladie la plus étudiée. Viennent ensuite le phoma du tournesol traité essentiellement par des équipes françaises et argentines et le phomopsis pour lequel de nouvelles espèces sont décrites. D'autres maladies comme la rouille, le sclerotinia, l'alternaria ou le verticillium ont donné lieu à deux ou trois communications. Enfin des maladies que l'on pourrait qualifier d'orphelines ont été présentées par une seule communication : c'est le cas de

l'oïdium, du pustula (anciennement albugo), du macrophomina, d'un phytoplasme et de virus (figure 1).

Le mildiou

Dans son exposé introductif, Gulya (US) considère le mildiou comme un des ennemis majeurs du tournesol. Le point a été fait sur le pathogène et ses évolutions : les races de *Plasmopara halstedii* sont dénommées depuis 1998 selon une nomenclature internationale sur la base de tests sur 9 hôtes différentiels, synthétisés sous la forme de 3 digits (par exemple race 304). Compte tenu de l'évolution des races et des sources de résistance, une réactualisation devient nécessaire. Après avoir confronté 51 lignées à 17 races, Tourvieille (FR) propose de remplacer 2 hôtes différentiels D1 et D8 par des hôtes équivalents plus stables et d'ajouter deux nouveaux sets de 3 hôtes, portant ainsi à 15 le nombre d'hôtes différentiels nécessaires à la caractérisation des races. Ce système permettrait ainsi de distinguer pour la race 304, les races 30410 (identifiée en France en 2000) et 30430 (identifiée en France en 2002).

P. halstedii est également étudié sous l'angle des structures de populations : à l'aide de marqueurs SNP⁴, l'analyse de 147 souches appartenant à 14 races différentes conduit Delmotte (FR) à distinguer 3 clusters. Compte tenu de races communes dans les clusters 1 et 2 et d'une certaine clonalité, il formule l'hypothèse de 3 introductions successives en France des principales races 100, 710 et 703. Par contre, les races nouvellement apparues, capables de contourner le gène de résistance *PI6* et regroupées dans le cluster 3 pourraient résulter d'une hybridation entre les principales races introduites. A l'échelle de la parcelle, une étude de la structuration des populations de *P. halstedii* (Delmotte *et al.*, FR) montre que : i) 8 races peuvent cohabiter au sein d'une même parcelle, ii) il n'y a pas de structure spatiale des races dans la parcelle du point de vue phénotypique comme génotypique, iii) il y a peu de variabilité génétique au niveau de la race 304 notamment, ce qui suggère une propagation clonale du mildiou, et iv) 2 clusters génétiques sont fortement associés au profil de virulence des isolats

⁴ Single nucleotide polymorphism.

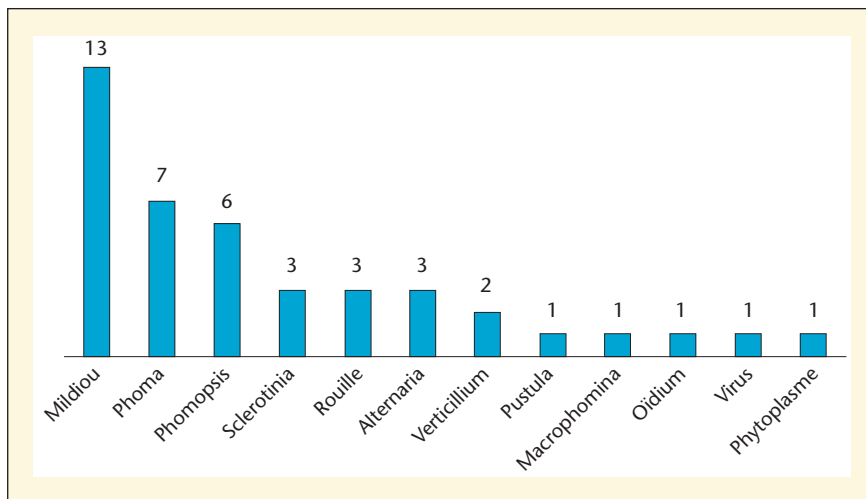


Figure 1. Répartition des communications par maladie.

analysés. Toutefois, des génotypes intermédiaires existent entre ces deux clusters et des isolats apparaissant mal assignés, ce qui conduit là aussi à formuler une hypothèse de possible recombinaison entre clusters. Guchetl *et al.* (RU) ont utilisé des marqueurs moléculaires sur une collection russe de 42 isolats de *P. halstedii* et mis en évidence du polymorphisme mais avec une faible variabilité intraspécifique. Les isolats analysés se répartissent en 2 clusters I (races 300, 310, 700, 710, 4 isolats 730 et 2 isolats 330) et II (races 330 et 4 isolats 730). Les auteurs émettent plusieurs hypothèses : la race 300 serait une introduction d'un autre continent et les autres races du cluster I dériveraient plutôt de la race 100. La race 730 pourrait résulter d'une hybridation entre les races 710 et 330.

Enfin, Vincourt (FR) a présenté un travail novateur sur le rôle d'effecteurs dans la pathogénicité du mildiou. Les effecteurs sont des molécules sécrétées par un parasite obligatoire qui en pénétrant dans le cytoplasme des cellules de la plante-hôte, répriment les défenses de l'hôte activées lors du phénomène de reconnaissance plante-parasite. Il est montré que *P. halstedii* possède bien de tels effecteurs potentiellement impliqués dans les interactions hôte-parasite. L'hypothèse qui sous-tend cette étude est que si la plante parvenait à reconnaître quelques effecteurs, elle pourrait réagir en activant une réponse d'hypersensibilité conduisant à une interaction incompatible et la rendant ainsi résistante au mildiou.

Au niveau de la résistance du tournesol au mildiou, une vingtaine de gènes de résistance spécifique de différentes sources sont actuellement recensés (Paniego *et al.*, AR). Après le contournement de *PI2*, ont été déployés les gènes *PI5* issu de *H. tuberosus*, *PI6* de *H. annuus*, *PI7* de *H. praecox spp runyonii*, *PI8* et *Plarg* de *H. argophyllus*. Plus récemment, sont mentionnés les gènes *PI13*, *PI14* et *PI15*. *PI15* apporte la résistance aux 13 races présentes en Argentine (100, 300, 304, 330, 334, 700, 703, 710, 714, 730, 733, 734 et 770).

Ces gènes sont localisés principalement sur 3 groupes de liaison (LG) de la carte génomique du tournesol avec :

- un cluster des gènes *PI1 - PI2 - PI6 - PI7* sur LG 8 ; le gène *PI15* apparaît également localisé au sein de ce cluster ;
- les gènes *PI5* et *PI8* sur LG 13 ;
- le gène *Plarg* sur LG 1.

Par ailleurs, Vear (FR) a conduit une analyse génétique du gène *PI2*, considéré comme conférant la résistance à toutes les races en 3xx. Or, les résultats obtenus sur l'hôte différentiel D3 « RHA274 » suggèrent l'existence de plusieurs gènes conférant la résistance à ce type de races. Par croisement de 2 lignées et étude des descendances en F3, les résultats conduisent à suspecter 2 gènes *PI2*, l'un conférant la résistance aux races 304 et 314 et l'autre aux races 304 et 334.

En dehors de la génétique, le traitement des semences reste le moyen de lutte principalement utilisé. Face à l'appari-

tion de nouvelles races résistantes au méfenoxam tant aux États-Unis qu'en Europe, la société Syngenta propose de nouveaux traitements de semences associant d'autres molécules fongicides à modes d'action différents qui se montrent efficaces en essais en situation de résistance au méfenoxam (Schlatter *et al.*, CH). La société met en avant la combinaison d'hybrides résistants et traitements de semences pour prévenir à la fois l'évolution des races et le développement de la résistance aux produits de traitement de semences tout en offrant la meilleure protection. Toutefois, on pourrait aussi penser qu'éviter le recours systématique au traitement des semences lorsque la résistance génétique de l'hybride peut contrôler à elle seule le mildiou permettrait de retarder l'apparition de résistances aux matières actives.

Maldonado-Gonzalez *et al.* (ES) ont évalué un *Pseudomonas fluorescens* comme potentiel agent de lutte biologique contre le mildiou, sans succès. Enfin, du côté des pratiques agronomiques, si la fertilisation azotée n'a pas d'effet sur les contaminations primaires de mildiou, il est observé un effet sur les contaminations primaires tardives et les infections secondaires dès un apport de 40 unités d'azote (Molinero-Ruiz *et al.*, ES).

En matière de gestion durable du mildiou, une étude de trois ans (Penaud *et al.*, FR) sur un réseau de parcelles alliant caractérisation du potentiel infectieux des sols et enquêtes sur les pratiques culturales des agriculteurs démontre que les rotations courtes augmentent le risque mildiou et surtout que la succession d'un même profil de résistance des hybrides de tournesol cultivés sur une parcelle est favorable à l'apparition de nouvelles races. Un conseil de gestion du risque mildiou est formulé, prônant l'alternance des profils de résistance.

Phoma et phomopsis

Le phoma du tournesol causé par *Phoma macdonaldii* fait l'objet de travaux surtout en France, axés sur le dessèchement précoce, et en Argentine, plutôt sur la manifestation des taches noires sur tige. En France, un suivi épidémiologique des cannes infectées a permis de quantifier l'inoculum primaire, de montrer qu'il peut être diminué de moitié dans le cas

de travail superficiel du sol comparé à un semis direct, et d'identifier l'effet de la pluie sur l'émission des spores pendant tout le cycle cultural du tournesol (Descorps *et al.*, FR). Par ailleurs, un contrôle du développement du couvert à travers la densité du peuplement et la fertilisation azotée permet de réduire l'expression du dessèchement précoce (Seassau *et al.*, FR). Enfin, concernant la résistance au dessèchement précoce lié au phoma, une variabilité génétique importante est mise en évidence dans le genre *Helianthus* et 2 QTL⁵ ont été détectés sur les groupes de liaison 10 et 7 expliquant respectivement 22 % et 29 % de la variabilité génétique (Bordat *et al.*, FR). Les travaux argentins montrent que la fréquence et la gravité des tiges noires s'expliqueraient par une remobilisation des réserves de la tige pendant le remplissage du grain, ce qui permet d'envisager un modèle de prévision simple basé sur le ratio source-puits (Nunez Bordoy *et al.*, AR).

Le point marquant en matière de phomopsis est que *Diaporthe helianthi* n'est plus la seule espèce responsable de la maladie. Après de très sévères attaques en 2009 en Australie, trois nouvelles espèces ont été décrites par leurs caractéristiques morphologiques et moléculaires et leur pathogénicité : *D. gulyae*, *D. kongii* et *D. kochmanii* ; *D. gulyae* étant la plus virulente de toutes les espèces décrites (Thompson *et al.*, AU). Aux États-Unis, outre *D. helianthi*, des isolats de *D. gulyae* et *D. stewartii* ont été identifiés, ce qui nécessite de revoir l'évaluation variétale (Mathew *et al.*, US). Concernant les moyens de lutte, une équipe bulgare cherche à caractériser de nouvelles sources de résistance à *D. helianthi* (Echeva *et al.*, BU). Une équipe de Krasnodar s'intéresse aux stimulateurs de défense des plantes, montrant notamment une certaine efficacité des mélanges de chitosan et de régulateurs de croissance (Ismailov, RU).

Autres maladies

Plusieurs autres maladies sont étudiées sous l'angle de la recherche de sources de résistance et de l'évaluation du comportement pour la résistance : en Argentine, le sclerotinia du capitule fait l'objet de deux stratégies de sélection, l'une basée sur le choix des parents et de

⁵ Quantitative Trait Loci.

l'effet hétérosis (Castano, AR) et l'autre fondée sur la recherche de QTL pouvant permettre une sélection assistée par marqueurs (Delgado *et al.*, AR). Vis-à-vis du *Verticillium*, des sources de résistance ont été détectées pour chacune des races Varg1 et Varg2 sur des groupes de liaison différents et le pyramidage des QTL permet d'augmenter le niveau de résistance. L'*Alternaria* fait surtout l'objet de recherche de sources de résistance en Bulgarie, en Croatie et au Brésil tout comme l'oïdium, *Erysiphe cichoracearum*, en Serbie.

En conclusion, les travaux avancent significativement sur la connaissance des maladies les plus cruciales et permettent de capter des évolutions majeures des pathogènes (mildiou, phomopsis). Dans le cas du mildiou, quelques pistes nouvelles ou alternatives sont explorées (effecteurs, agents de biocontrôle), mais trop peu d'études portent sur la protection intégrée et sur la durabilité des moyens de lutte (recherche de résistances quantitatives, combinaisons de résistances génétiques, lutte agronomique, etc.). Les études épidémiologiques ou sur la prévision des risques restent également peu nombreuses.

L'orobanche, un besoin de coopération

L'orobanche, plante parasite du tournesol, toucherait 3 à 4 millions d'hectares depuis la Russie jusqu'à l'Espagne, constituant un frein potentiel au développement de la culture. Logique donc qu'une session y soit consacrée, avec 8 communications dont une présentation orale. On en retiendra globalement une recherche génétique tournesol fortement sollicitée par les évolutions rapides de ce parasite ainsi que le besoin d'une coopération internationale pour mettre au point une nomenclature commune pour la détermination des races et des résistances. Là non plus, pas de grande révélation mais des mises au point et des réflexions qui méritent d'être rapportées.

Un panorama complet des avancées de la recherche sur l'orobanche cumana a été livré par Fernandez-Martinez *et al.*, (ES). Ils pointent tout d'abord l'évolution complexe et très rapide des races à laquelle la sélection du tournesol est confrontée. Ainsi, succédant aux 5 races (A puis B, C, D, E) contrôlées

par des résistances dominantes monogéniques (*Or1*, *Or2*, *Or3*, *Or4*, *Or5*), les nouvelles races virulentes (F, G...) apparues depuis les années 90 ont allègrement contourné ces résistances. Elles ont aussi rendu la tâche plus difficile aux sélectionneurs avec une raréfaction des sources de résistance dans les fonds génétiques classiques et une plus grande complexité des mécanismes génétiques en jeu (exemple : sources identifiées en Espagne qui contrôlent la race E avec deux gènes récessifs ou la race F avec 2 gènes partiellement dominants). En revanche, les auteurs indiquent que de hauts niveaux de résistance à toutes les races existent spécialement chez les espèces pérennes du genre *Helianthus* sous réserve de surmonter la difficulté technique d'introgesser ces sources chez le tournesol cultivé. Ainsi, un gène de résistance spécifique à la race G a été transféré récemment (Velasco *et al.*, ES) à partir d'*Helianthus debilis*. Enfin, notons que des sources de résistance quantitative ont aussi été identifiées depuis 2008 par des chercheurs de différents pays (Espagne, Roumanie, Serbie) offrant ainsi des perspectives nouvelles pour une sélection plus durable.

Du point de vue des mécanismes de résistances les trois voies possibles ont été rappelées : dépression de la production de stimulateur de germination de l'Orobanche par les racines de tournesol, mise en place de barrières chimiques ou mécaniques (lignification...) empêchant la pénétration des tissus de l'Orobanche dans les racines de tournesol, production de composés toxiques ralentissant la croissance de l'Orobanche une fois fixée sur la plante. À ce propos, les études de Spring (DE) confirment l'effet du DCL (dehydrocostus lactone), stimulant naturel de la germination de l'Orobanche *cumana* et objet d'une publication récente (Joel *et al.*, 2011). Aux côtés de ce sesquiterpène lactone (STL), des travaux identifient trois autres STL extraits des racines de tournesol (Raup et Spring, DE). Ces stimulants naturels n'ont pas d'effet sur l'Orobanche du colza (*Phelipaea ramosa*) et ils contribuent certainement à expliquer le caractère spécifique de l'Orobanche *cumana* vis-à-vis du tournesol. La diminution des quantités de strigolactones émises par le tournesol peut constituer un objectif de sélection même si le rôle exact de ces substances dans les

mécanismes de résistance reste encore à éclaircir. En revanche, d'après l'auteur, il n'est pas économiquement envisageable de formuler des produits à base de strigolactones et de les utiliser à terme pour des applications au sol.

Quant à l'utilisation de variétés tolérantes aux imidazolinones, elle constitue, de l'avis des intervenants, une méthode alternative de contrôle jugée comme très efficace. Aucun cas de résistance de l'Orobanche aux imidazolinones n'a été mentionné lors des communications orales ou écrites de ce congrès.

Enfin, les questions relatives à la connaissance des populations de parasite ont été abordées, notamment lors de l'intervention de Pérez-Vich. (Fernandez-Martinez *et al.*, ES). Les outils de marquage moléculaire (RAPD) ont permis de mettre en évidence une diversité géographique des populations d'Orobanche avec en particulier une séparation claire entre les populations espagnoles (elles-mêmes coupées en deux : Sud et Centre de l'Espagne) et celles des pays de l'est de l'Europe. Enfin, les fécondations croisées représenteraient de 15 à 45 %, mettant ainsi en cause le caractère autogame du parasite. L'évolution très rapide du parasite et la difficulté à bien caractériser les races ont été soulignées à la fois par les équipes russes et espagnoles. Antonova (RU) constate l'apparition de races nouvelles d'Orobanche *cumana* très virulentes contournant la résistance à la race G dans le Sud de la Russie, ces nouvelles races (probablement une race H) expriment une diversité morphologique importante susceptible d'augmenter le pouvoir de multiplication de l'Orobanche (tiges secondaires, fleurs sur l'ensemble de la tige...).

Les échanges sur cette thématique, qui prend aussi de l'importance en France, se poursuivront à l'occasion d'un prochain symposium international sur l'Orobanche *cumana* organisé en 2013 en Espagne. Il pourrait constituer une opportunité pour les équipes prêtes à s'investir dans une collaboration internationale, appelée à plusieurs reprises au cours de ce congrès.

Les résistances aux herbicides, sujet très illustré

Cette session a fait l'objet de 3 présentations orales et 11 posters, faisant du

thème des variétés résistantes aux herbicides un sujet fortement illustré par les firmes dans le congrès avec les technologies Clearfield® (CL) et Clearfield®-Plus (CL+) de BASF (9 posters), et ExpressSun® de Dupont (1 poster) qui ont connu un développement commercial important sur tournesol ces dernières années (plusieurs millions d'hectares dans le monde : Argentine, Est de l'Europe...). Un seul poster a abordé le désherbage plus conventionnel du tournesol (herbicide de prélevée : pyroxasulfone).

Sala (AR) a présenté les résultats des travaux en génétique et sélection de la tolérance aux herbicides dans les tournesols menés ces dix dernières années, en particulier avec les herbicides imidazolinones (IMI) et sulfolynurées (SU). Weston *et al.* (US) a présenté la nouvelle technologie Clearfield® Plus, qui utilise une mutation du gène *Ahas1* différente de celle utilisée avec la technologie Clearfield®. Les principaux avantages liés à l'utilisation de ce gène sont une meilleure tolérance aux doses d'imidazolinone, et une amélioration du rendement et de la teneur en huile en comparaison aux tournesols ImiSun (Clearfield®). Les études montrent également que le gène utilisé dans le système CL-plus est plus stable face aux variations des conditions environnementales. Ces conclusions se retrouvent à la fois pour les hybrides Clearfield® Plus monozygotes ou hétérozygotes, ce qui apparaît un élément facilitant pour le développement de la technologie Clearfield® Plus. Sala *et al.* (AR) montrent également que la tolérance ImiSun apparaît comme le résultat de l'interaction entre des mécanismes de tolérance visés et connus (inhibition du cytochrome P450) et non visés et non connus (malgré l'inhibition du cytochrome P450, 2 lignées d'ImiSun, tolérantes à l'imazapyr ont des niveaux de matière sèche différents après application de l'herbicide), ce qui explique les difficultés rencontrées lors de la conversion d'une variété classique en une variété tolérante.

Streit (CH) a présenté la technologie ExpressSun® également basée sur un inhibiteur de l'ALS, le tribenuron-méthyl, citant l'efficacité sur de très nombreuses dicotylédones et en particulier sur certains chardons.

Ces technologies (IMI et SU) reposent toutes sur l'inhibition de l'enzyme ALS (ou AHAS), seul mode d'action exploité.

Sala et différents auteurs des posters ont souligné que cela pouvait entraîner à terme des problèmes de résistances d'adventices et donc de durabilité de ces solutions. Une étude de Presotto *et al.* (AR) sur la sensibilité aux inhibiteurs de l'ALS dans la descendance (F1) des tournesols sauvages hybridés avec un tournesol CL a montré que le transfert du gène de résistance dans les tournesols sauvages peut se faire rapidement et qu'il confère une tolérance de ces tournesols sauvages aux imidazolinones. Les auteurs estiment qu'il faudrait développer d'autres sources de résistance afin de compléter les technologies utilisées actuellement. Ceci étant, la complémentarité entre les méthodes chimiques et des méthodes agronomiques (lutte mécanique, faux semis. . .) et l'importance d'un raisonnement global de la stratégie de désherbage pour éviter l'apparition de phénomènes de résistance ont été peu évoquées dans cette session.

Une session ravageurs centrée sur les oiseaux

La thématique des ravageurs a fait l'objet de 6 communications, dont 2 présentations orales. Preuve d'une préoccupation partagée par les producteurs des continents américain comme européen, un workshop a été organisé en présence de nombreux responsables professionnels pour échanger sur les moyens de lutte contre les dégâts d'oiseaux. Au grand étonnement des participants français, la thématique a été abordée uniquement sous l'angle des pertes à la récolte. En effet le semis de tournesol semble peu affecté en Argentine, peut-être en raison d'une offre alimentaire plus abondante et diversifiée à cette période-là. Causées par les pigeons (3 espèces) et les perroquets, les pertes à la récolte estimées par les chercheurs argentins varient fortement entre régions et parcelles pour atteindre entre 2 et 6 % de la production nationale. L'augmentation des populations de pigeons, constatée par l'observatoire inter-régional argentin depuis 2006, pourrait s'expliquer notamment par une plus grande offre alimentaire (extension des surfaces en soja, maïs et sorgho grain au détriment des prairies ainsi que du semis direct laissant chaumes et graines à disposition des oiseaux).

Les moyens de lutte présentés (Bleier, US) ne sont pas fondamentalement nouveaux. Effaroucheurs, répulsifs (biorépulsifs ou de synthèse), destruction des nids à proximité des zones de culture ou avancement de la date de récolte (avec défanage, séchage) montrent des limites en termes d'efficacité ou de durabilité. Des résultats intéressants ont été obtenus dans des essais d'alimentation alternative en Argentine comme par exemple avec des bandes de soja dédiées semées en bordure des parcelles de tournesol.

Coté génétique (Coll, AR), la moindre attractivité des tournesols nains, des graines striées ou anthocyanées a été classiquement évoquée. Mais c'est la sélection sur le port des capitules qui semble considérée comme la piste la plus sérieuse par les chercheurs argentins. Les deux caractéristiques morphologiques associées, inclinaison du capitule vers le sol et haut de la tige courbé en col-de-cygne, permettraient de réduire de près de 30 % les pertes par dégâts d'oiseaux par rapport à un port « normal ». Pour tenter de le confirmer et de mieux évaluer l'effet relatif des diverses stratégies de sélection et de conduite, des essais sont en cours dans diverses zones de culture du tournesol en Argentine.

Très prudemment et faute d'innovation déterminante, le workshop concluait sur la nécessité de mettre en œuvre plusieurs méthodes complémentaires de lutte contre les dégâts d'oiseaux sans attendre une garantie de résultat.

Concernant les insectes ravageurs du tournesol, dont on ne parle pas ou peu en Europe, une communication orale de Prasifka (US) en a fait un état des lieux et dressé les perspectives, en partant principalement de la situation aux États-Unis. Le constat est que sur des centaines d'espèces, seules quelques-unes vont se comporter en ravageurs pérennes ou sévères. L'auteur insiste sur l'intérêt de la gestion intégrée (IPM) : rotations, modification des dates de semis, préservation des auxiliaires, utilisation des résistances des plantes hôtes (antibioses). Le travail sur des insectes modèles localement problématiques aux États-Unis a permis de tester l'hypothèse de « la préférence sur les performances » selon laquelle les femelles pondent si possible dans les plantes les plus favorables pour les larves. Cette approche ouvre la voie à des travaux d'identification de caractères de

résistance naturelle des tournesols vis-à-vis de ces insectes (présence de terpénoïdes, de coumarines inductibles, dureté du péricarpe. . .) puis éventuellement de sélection.

Session Sélection et Workshop « Sélection et interactions génotype x environnement »

Près de trente communications ont constitué le corps de ce thème, abordant différents sujets tels que l'exploitation des ressources génétiques à l'aide des outils moléculaires, l'estimation de paramètres génétiques, la sélection génomique, les méthodes d'évaluation et la caractérisation des interactions génotype-environnement.

En ce qui concerne l'estimation des effets d'hétérosis et des paramètres génétiques, Reif *et al.* (DE) ont fait le point sur trois sujets :

- les avantages et inconvénients de différents dispositifs génétiques couplés avec la cartographie de QTL impliqués dans le caractère d'intérêt pour l'identification des causes de l'hétérosis et l'estimation des effets de dominance et d'épistasie ;
- le développement de méthodes d'analyses statistiques pour la prédiction de la valeur des hybrides, utilisant des données phénotypiques, génomiques, transcriptomiques et métabolomiques ;
- les principes de la sélection génomique, et son exploitation pour la prédiction des aptitudes générales et spécifiques à la combinaison.

L'exploitation des ressources génétiques apparaît comme un sujet important de cette session, avec quatorze communications. De nombreux travaux de génétique classique sur la caractérisation des ressources, l'analyse de leur structure, leur maintien, leur exploitation à travers des croisements interspécifiques et la caractérisation des descendances et lignées obtenues sont menés à travers le Monde : Argentine, Bulgarie, Serbie (Haldni *et al.* ; Atlagic *et al.*), Turquie, États-Unis, Inde, Iran et France. Les équipes de l'Iowa State University et de l'USDA d'Ames ont ainsi évalué plus de 600 accessions pour la tolérance au Sclérotinia du collet, et plus de 3 600 accessions sur les 4 000 (annuelles et pérennes) de la collection sont disponi-

bles (Marek *et al.*, US). L'utilisation des outils moléculaires pour l'exploitation de ces ressources est abordée à travers la démarche mise en œuvre par Dyrszka *et al.* (FR, US) avec la création d'un pool élite à partir du séquençage de 45 espèces sauvages et l'analyse génétique de leurs relations avec *H. annuus*, puis la création d'ODP (Optimized Discovery Populations). Les difficultés identifiées concernent le phénotypage des lignées sauvages et l'élimination des traits à effets négatifs. Gontcharov (RU) a offert une présentation générale du programme d'amélioration génétique mené à Krasnodar. Les trois axes de sélection principaux sont la création d'hybrides « double usage » « confiserie » et riches en huile pour répondre à la demande du marché (poids de mille grains supérieur à 80 grammes, graines faciles à décortiquer, teneur en huile élevée), la création d'hybrides riches en acide oléique (type qui n'a pas encore de marché en Russie) et la résistance aux bioagresseurs. Sur ce dernier thème, on note des travaux portant sur la résistance à l'orobanche (races E et F), et la mise au point d'une méthode immunologique de screening du matériel face à la fusariose, maladie contre laquelle un programme de sélection a débuté en 2001. Dans un autre registre, des recherches sur les possibilités de flux de gènes entre tournesols adventices et tournesol cultivé dans les parcelles agricoles en France ont été menées par Roumet *et al.* (FR). Le suivi fin de 6 parcelles agricoles dans le Sud-Ouest montre que le taux de pollinisation des tournesols adventices par le tournesol cultivé est en moyenne de 11 %, mais peut varier selon la période de floraison respective des deux types de tournesol. Ces résultats sont précieux pour l'élaboration de recommandations pour la gestion durable de l'efficacité de la résistance aux herbicides.

Des avancées dans la connaissance du déterminisme génétique de plusieurs caractères

Cinq communications ont porté sur l'étude du déterminisme génétique de divers caractères. Le tournesol est une culture sensible à l'acidité des sols et qui ne tolère en général pas des teneurs du sol en aluminium supérieures à 5 %. Au-delà, la croissance racinaire est très affectée et l'absorption de l'eau et des nutriments très perturbée. Un protocole

d'évaluation de la tolérance des variétés de tournesol à l'aluminium a ainsi été développé par une équipe brésilienne (de Castro *et al.*, BR) ; il permet de mettre en évidence, dès 7 jours après le semis, des différences significatives entre variétés. Des travaux sur la tolérance au stress hydrique ont été menés en Argentine : une première approche de génétique d'association a été conduite sur 34 lignées de tournesol au moment de la germination. Le comportement des lignées est évalué par un test au mannitol et la variabilité génétique analysée pour 7 gènes candidats apparaît prometteuse (Moreno *et al.*, AR). En ce qui concerne la qualité des graines, Del Moral *et al.* (ES) ont montré le caractère oligogénique de la richesse en vitamine E des grains. Les critères de sélection pour des variétés de tournesol ornementales font également partie des sujets d'intérêt pour les équipes argentines (Divita *et al.*, AR), ainsi que la taille des hybrides, en raison des problèmes de verse. Ramos *et al.* (AR) montrent ainsi qu'une variabilité phénotypique importante pour ce caractère existe au sein du matériel végétal évalué, certains génotypes présentant une hauteur inférieure à 50 cm dans l'expérimentation menée au champ. Plusieurs génotypes parmi ceux étudiés portent l'allèle du gène candidat *Della1*, impliqué dans la régulation de l'acide gibbérellique ; les recherches sur le déterminisme génétique de ce phénotype et les processus physiologiques impliqués vont se poursuivre.

Des nouveaux outils moléculaires

Les possibilités d'utilisation des outils moléculaires pour la sélection ont également été illustrées : l'intérêt des marqueurs SNP (Venkatramana *et al.*/US) et des IRAPs (inter-retrotransposon amplified polymorphisms ; Bulos *et al.*, AR) a été présenté. Les avantages et les limites de la sélection assistée par marqueurs ont été évoqués par Hulke *et al.* (US), qui considèrent que le « *genotyping-by-sequencing* » représente le futur en termes d'évolution des outils de marquage. Sala et Bulos (AR) proposent une méthode pour l'obtention d'hybrides basée sur le changement d'expression des gènes *Ahas1* en réponse à l'application de l'herbicide pendant les premiers stades de développement de la plante. Le traitement herbicide sur les génotypes CL+ hétérozygotes (au locus *Ahas1-3=CLHA Plus*) entraîne en effet un

développement incomplet des anthères, rendant les plantes mâles stériles.

En ce qui concerne les interactions génotype-environnement, le thème abordé lors du Workshop porte sur les méthodes statistiques d'analyse de ces interactions. Balzarini (AR) évalue les avantages et inconvénients de différentes méthodes d'estimation de la variance sur les données du réseau d'évaluation des variétés de l'INTA⁶ et des semenciers privés en Argentine depuis 10 ans (*cf.* publication de Hall *et al.*, 2011). Ces méthodes sont en constante évolution et leur couplage avec des données génotypiques, des modèles de simulation et des systèmes d'informations géographiques contribuera à la compréhension des interactions.

Génomique et Workshop « International Sunflower Genomic Initiative » : le séquençage complet du génome pour bientôt

La session dédiée à la génomique a rassemblé 14 communications dont 3 orales. Le fait le plus marquant de cette session correspond aux avancées dans le séquençage du génome du tournesol, entreprise qui rassemble des équipes canadiennes, américaines et françaises (Kane, *et al.*, 2011) (Reiseberg *et al.*, CA). Les chercheurs sont confrontés à plusieurs difficultés, liées notamment à la taille du génome (3,6 gigabases) et au très haut niveau de séquences répétées (81 %). Seuls 5 % des paires de bases du génome codent pour des protéines ! A ce jour, 2,6 millions de marqueurs SNP ont été cartographiés, ils couvrent environ 1 400 cM (centimorgans) ; une carte physique couvrant environ 97 % du génome a été établie, à partir de 3 300 contigs. L'objectif est de disposer du génome séquencé fin 2012.

Le second fait marquant de cette session est la construction de réseaux gènes-phénotypes : cette démarche a été en particulier déployée par l'équipe de génétique à l'INRA⁷ à Toulouse (France), avec des travaux concernant les gènes impliqués dans la tolérance au stress hydrique (Rengel *et al.*, FR). Ainsi

⁶ Instituto nacional de tecnologia agropecuaria.

L'analyse par puce Affymetrix de 96 échantillons issus de 8 géotypes soumis à différents scénarios de stress hydrique, sur 8 caractères phénotypiques a permis de mettre en évidence des variations dans l'expression de nombreux gènes suite au stress. Le réseau gènes-phénotypes construit permet d'identifier les gènes impliqués dans le phénotype et les interactions génotype x scénario de stress, puis d'émettre des hypothèses sur les processus physiologiques en jeu.

Les équipes de Reiseberg (CA) et de Blackman (US) s'intéressent également à l'origine du tournesol cultivé. L'analyse de profils moléculaires de marqueurs microsatellites permet de classer les populations sauvages explorées sur le continent américain en quatre clusters génétiques : West Mexico, Central Mexico, Great Plains et East-Central US. Il apparaît que ce dernier cluster est probablement la source ancestrale de tous les groupes cultivés. L'analyse de variations de séquence au sein de trois gènes candidats soumis à la sélection au cours du processus de domestication va dans le même sens, ce qui ne remet pas en cause l'hypothèse émise par Heiser en 1951 selon laquelle le tournesol cultivé est issu d'un seul événement de domestication dans le nord-est des États-Unis.

Deux communications ont fait le point sur les intérêts de différentes techniques pour la sélection du tournesol : Burke *et al.* (US, CA) ont développé une approche basée sur des cartes génétiques haute-densité à base de SNP sur 3 espèces d'*Helianthus* (*annuus*, *argophyllus* et *niveus*) pour étudier les réarrangements chromosomiques entre espèces et développer une approche de génétique d'association pour l'étude du déterminisme génétique de différents caractères agronomiques (date de floraison, architecture, qualité de la graine, dormance). Des équipes argentines et espagnoles ont pour leur part travaillé sur le développement et la validation de microarrays haute-densité pour l'étude fonctionnelle de gènes impliqués dans le stress hydrique, la sénescence et la résistance au sclérotinia (Fernandez *et al.*, AR).

D'autres thèmes concernant principalement la cartographie et le clonage de gènes de résistance aux maladies ont été abordés dans cette session, à travers

huit autres communications, dont trois émanant d'équipes argentines et américaines sur la rouille et différents virus.

L'ISGI (International Sunflower Genomic Initiative) est une organisation internationale informelle pour la coordination des efforts de recherche sur la génétique moléculaire, la génomique et l'analyse génétique du tournesol et des espèces d'*Helianthus*. Elle vise à partager les outils des disciplines génomiques et post-génomiques, assurer la disponibilité des données et informations pour tous les chercheurs, faciliter les collaborations internationales, et maintenir les recherches sur la génétique du tournesol à l'avant-garde. En matière de diversité génétique, ressources génétiques et génomique, L. Reiseberg (CA) a fait le point sur les avancées sur le séquençage du génome du tournesol et L. Marek (US) a dressé le panorama des activités sur les ressources génétiques à Fargo (régénération, distribution, phénotypage, ...). En génétique d'association, sept équipes publiques ou privées (INTA – AR, Soltis – FR, Nidera – AR, USDA- US et Université de Géorgie – US, Advanta Seeds – AR) ont présenté leurs activités et les ressources, outils et méthodes qu'elles peuvent partager : matériel génétique, protocoles de phénotypage et génotypage, accès à des plateformes. En biologie moléculaire et cellulaire et en cytogénétique moléculaire, quatre équipes universitaires argentines, ainsi que l'INTA (AR), un chercheur indien et l'équipe Tournesol du LIPM de l'INRA en France ont présenté leurs principaux axes de travail sur le tournesol qui ont trait à la cartographie physique du génome, la régulation de l'expression des gènes, la génétique fonctionnelle, l'analyse de la réponse aux stress. En termes de bioinformatique et de bases de données, N. Paniago (AR) a fait le bilan du positionnement des gènes de résistances à différentes maladies sur la carte génétique du tournesol et concluait son intervention sur les perspectives de « preemptive resistance breeding », c'est-à-dire l'idée de sélectionner des résistances à des races futures, non encore apparues au champ.

Workshop Global crop diversity

Cet atelier avait pour objet d'informer sur l'utilisation des espèces sauvages en

amont de la sélection dans la perspective de l'adaptation au changement climatique, de présenter l'action du Global Crop Diversity Trust pour le tournesol et de susciter un échange sur les stratégies en amont de la sélection. H Dempewolf et L Guarino, du GCDT (Rome, IT) ont posé la question de l'analyse de la vulnérabilité de l'espèce tournesol vis-à-vis du changement climatique, pour définir des objectifs opérationnels de sélection et se mettre en capacité de définir les espèces sauvages et les caractères à traiter en priorité. G Baute et L. Rieseberg (CA) ont présenté leurs travaux basés sur l'utilisation du génotypage haut-débit pour estimer l'aptitude de géotypes sauvages à nourrir les activités d'amont de la sélection, et identifier les accessions les plus favorables pour maximiser le nombre d'allèles sauvages capturés en présélection. Pour estimer la diversité des espèces sauvages récoltées dans des environnements très contrastés, les chercheurs utilisent la méthode de génotypage par séquençage, basée sur l'utilisation d'une enzyme de restriction : 192 géotypes ont été caractérisés avec environ 4 millions de lectures par individu, marqueurs distribués dans tout le génome. Les chercheurs constatent une diversité de *H. annuus* organisée en 6 clusters différents, structurés par l'origine géographique dans la plupart des cas. L'Université de Colombie Britannique mène également des travaux d'introgession de gènes sauvages, à l'étape du premier back-cross (BC1) au moment de la conférence, et se montre prête à collaborer avec les sélectionneurs.

Des marchés tirés par l'huile pour la consommation humaine

Thématique traditionnellement minoritaire lors des conférences ISA, les marchés n'auront fait l'objet lors de l'édition 2012 que de 5 contributions dont 2 orales.

En présentation orale, l'intervenant du géant de l'agro-alimentaire argentin « Molinos Rio de la Plata » (Dominguez Brando et Sarquis, AR), a tablé sur une légère hausse de la part de marché mondiale de l'huile de tournesol à hauteur de 8 % en 2050 pour un total de 60 millions de tonnes (MT) contre 6 % aujourd'hui. La future demande en tournesol devrait continuer à être portée

⁷ Institut national de la recherche agronomique.

par l'alimentation humaine que ce soit pour la consommation directe ou pour l'industrie agro-alimentaire grâce à ses qualités nutritionnelles et technologiques, liées à un portfolio important d'acides gras. Du point de vue de l'offre, à cette même échéance de 2050, les effets du changement climatique pourraient constituer une opportunité pour la culture du tournesol, en lui permettant une expansion sur des zones marginales (4 à 5 millions d'hectares) à partir de ses aires actuelles d'implantation, largement distribuées au niveau géographique. Cependant, nous dit l'orateur, pour améliorer sa position, la compétitivité de l'huile de tournesol doit être améliorée ce qui passe par une réduction de son coût de production. De nombreuses pistes sont alors balayées sans priorité claire depuis l'augmentation des rendements ainsi que des teneurs en huile et en protéines, la sélection pour la double culture en zones tropicales jusqu'à la concentration régionale des unités de trituration en passant par la poursuite de la diversification en acides gras et la diminution des cires (débouchés biocarburants).

La seconde intervention orale était proposée par Pierre Lipatoff (CH), spécialiste des marchés de Cargill Suisse et concernait le tournesol en Ukraine, culture actuellement la plus compétitive dans ce pays, avec le maïs. Ses surfaces sont passées de 3,4 à 5,4 millions d'hectares en 5 ans et, contrairement au colza, il est entièrement trituré sur place, suite à une forte augmentation de la capacité de trituration au cours des dernières années. L'Ukraine attaque le marché par les prix, pour preuve nous dit l'orateur, un différentiel de prix FOB⁸ est généralement observé entre les origines Argentine et Mer Noire. Il rappelle aussi que la demande n'est pas entièrement captive, avec des substitutions possibles entre tournesol et soja pour certains marchés. Les évolutions internes à l'Ukraine jouent également ; les agriculteurs s'étant enrichis, ils peuvent désormais étaler leurs ventes jusqu'en février, mars et au-delà jusqu'à la récolte argentine. L'exportation se fait principalement depuis le port d'Illichevsk, où il est possible de stocker (167 000 tonnes de capacité) et de charger de grosses quantités rapidement. Pour la campagne en cours et les suivantes, P. Lipatoff s'est

montré optimiste. Ainsi la production ukrainienne pourrait continuer de croître et atteindre bientôt entre 8,5 et 10 millions de tonnes de graines. Pour finir, le cas bien différent de la Russie a été évoqué avec une production importante de 10 millions de tonnes de graines par an, destinée principalement à satisfaire sa demande intérieure, les exportations étant en moyenne inférieures à 0,5 millions de tonnes.

Les posters quant à eux rapportaient des informations sur la production du tournesol oléique, les utilisations du tournesol en France (Labalette *et al.*, FR), ainsi que sur l'évaluation des impacts sociaux et environnementaux de la production de tournesol pour la fabrication de biodiesel dans le Minas Gerais au Brésil (Ramos, BR).

Une session technologique essentiellement centrée sur la qualité des huiles

Une session orale complète de 5 interventions a été consacrée à cette thématique tandis que les contributions françaises et argentines, à hauteur d'un tiers chacune, ont sauvé la mise au niveau des posters, au nombre total de douze.

La grande majorité de ces présentations concernait la qualité de l'huile et la modification génétique des profils d'acides gras et composants mineurs (tocophérols qui sont les principaux agents antioxydants des graines oléagineuses). Ainsi les questions liées à la qualité des tourteaux n'étaient traitées que par la France au travers de deux posters, l'un sur l'enquête pluri-annuelle de la qualité des tourteaux et l'autre sur l'effet de la qualité des graines sur la teneur en protéines du tourteau semi-décortiqué (Dauguet *et al.*, FR). Les autres sujets abordés par les posters étaient : la performance du décorticage, l'effet du triage des graines sur la qualité, les usages non-alimentaires (biogaz, agro-matériaux, usages biocides ou pharmacologiques de la lécithine) et la méthode d'analyse chimique rapide des phytostérols.

En introduction de la session orale, Velasco (ES) a livré une revue bien documentée de l'histoire récente des modifications apportées par la sélection aux caractéristiques de composition

chimique de l'huile. Les nouveaux traits obtenus souvent par mutagenèse concernent le profil en acides gras et en tocophérols avec de nombreuses combinaisons possibles au stade expérimental. C'est là aussi le marché alimentaire qui constitue la cible principale avec la recherche de nouvelles caractéristiques nutritionnelles ou technologiques. Après la success story du mid-oleic aux États-Unis (où la sole est presque totalement convertie) et du haut oléique en Europe, l'auteur s'est attardé sur les profils en pré-commercialisation. Il s'agit d'une part des tournesols HSHO pour *high stearic* (environ 18 %) et *high oleic* (environ 70 %) qui sont adaptés aux usages en friture profonde, en margarine et autres pâtes tartinables ou fourrages (pâtisserie/biscuiterie), sans avoir à subir d'hydrogénation partielle susceptible de former des acides gras trans néfastes pour la santé. D'autre part, sont aussi en cours de développement des tournesols affichant au contraire une réduction des acides gras saturés avec moins de 3,5 % de palmitique (C16:0) + stéarique (C18:0), répondant cette fois-ci à la problématique de réduction des acides gras saturés dans le régime alimentaire. L'auteur a ensuite longuement décrit les méthodes génétiques et analytiques qui ont permis de créer des matériels aux compositions et contenus très variés en tocophérols. Les lignes de tournesol que son équipe a créées combinant environ 45 % d'alpha-tocophérol (vitamine E) et 50 % de gamma-tocophérols lui paraissent présenter un bon équilibre des deux effets antioxydants respectivement *in vivo* et *in vitro*. L'orateur a aussi insisté sur l'existence de recherches relativement récentes sur les phytostérols (baisse du cholestérol et de sa fraction LDL⁹ chez l'homme et antioxydant puissant de l'huile à haute température) pour lesquels la variabilité observée autoriserait des modifications de teneurs et compositions chez le tournesol. Enfin, il a cité d'autres composés mineurs comme le squalène qui pourrait redevenir d'intérêt dans les prochaines années.

Cette intervention a été complétée sur les tocophérols par celle de Demurin (RU). Ce dernier s'est livré à une analyse génétique classique des trois principales mutations existantes sans oublier de

⁸ Free On Board.

⁹ Low density lipoprotein.

rappeler l'effet de l'environnement (notamment températures) sur les teneurs observées dans la graine. Des travaux sont encore nécessaires pour comprendre les divers niveaux d'expression observés et leurs bases moléculaires, a conclu l'auteur.

Toujours en résonance de l'intervention introductive, mais avec une coloration plus commerciale, Gerdes (US) est venu donner quelques informations sur la génétique des nouvelles variétés à bas contenu en acides gras saturés proposés par la firme Dow AgroSciences/Mycogen Seeds. L'huile qui en est issue, mise en marché sous la dénomination omega9-oil, afficherait un total d'acides gras saturés (TSAT) inférieur à 3,5 % des acides gras totaux. De ce fait, elle rendrait aisée l'obtention de l'allégation « zero saturated fat » autorisée aux États-Unis par la FDA¹⁰ (moins de 0,5 g de graisse saturée et moins de 0,5 g d'acides gras trans par portion) lors de l'étiquetage des aliments. L'auteur a expliqué que la modification repose sur deux lignes mutantes (lpm et lst), que les QTL associés ont été identifiés et que des marqueurs flanquant ont été obtenus.

Finalement moins à sa place dans cette session mais abordant une question agronomique importante, González Belo (AR) a présenté les résultats d'essais de germination au champ et en conditions contrôlées des variétés de tournesol à haute teneur en acide stéarique. La température de base (en dessous de laquelle la graine ne germe pas) est ressortie à 1,5 à 2,5 °C pour les hauts stéariques contre 0,5 °C pour le type classique (linoléique). Selon l'auteur, le tournesol haut stéarique pourrait donc voir sa germination retardée par rapport aux classiques et la prudence doit aujourd'hui prévaloir dans le choix de la zone de culture.

Cette conférence a été aussi l'occasion pour les semenciers de promouvoir leurs innovations et de nouer probablement des partenariats pour les développer. Advanta (AR) avait ainsi installé un stand conséquent pour promouvoir sa gamme « Nutrisun » (variétés et huiles aux profils diversifiés pour répondre aux besoins de l'industrie) avec, au cœur de ses efforts, le tournesol haut stéarique (voir plus haut). L'équilibre choisi pour la phase de commercialisation limite à

18 % environ la part d'acide stéarique pour 70 % d'acide oléique. L'huile obtenue est présentée comme un substitut aux graisses hydrogénées et en particulier comme alternative à l'huile de palme. La fraction saturée stéarique permet d'apporter des propriétés technologiques comme ingrédient en industrie agro-alimentaire et cosmétique que ne permet pas le seul acide oléique. Au niveau des variétés, les hybrides stéariques actuels afficheraient de 10 à 20 % de rendement en moins que les variétés classiques. Après les États-Unis et l'Argentine, l'Europe de l'ouest constitue naturellement une cible importante pour ces nouveaux types de tournesol. Expérimentations au champ et procédures d'inscription y seraient déjà bien avancées, notamment en Espagne et Italie. Au-delà des performances agronomiques qui vont conditionner la chaîne de valeur à mettre en place, le lancement commercial dans l'Union européenne d'une telle huile stéarique, en vue de son utilisation en alimentation humaine, nécessite une autorisation de mise en marché. Une extension de la législation en place, faisant en sorte que le profil stéarique soit considéré comme une huile de tournesol, aurait d'ores et déjà été obtenue en Espagne. En France, l'huile stéarique de tournesol pourrait, dans un premier temps, trouver des valorisations à haute valeur ajoutée comme par exemple dans le secteur de la cosmétique.

Conclusion générale

Les objectifs de la conférence peuvent être considérés comme atteints en ce qu'elle a permis de faire un point de très bon niveau et assez complet des avancées de la recherche sur le tournesol, et de favoriser de nombreux échanges. Des évolutions notables sont visibles sur tous les fronts de recherche illustrés dans cette conférence.

La maîtrise des interactions Génotypes × Environnement × Conduites est un sujet de forte préoccupation, qui évolue dans le sens d'une prise en charge interdisciplinaire : il a été traité lors de cette conférence en agronomie (intérêt des modèles), en physiologie et en génétique, avec des approches couplées sur les stress abiotiques. Ce sujet devrait prendre de l'ampleur à la faveur du développement des moyens de phénotypage, en accompagnement aux

capacités de génotypage, et de la prise en compte des paramètres liés au génotype dans les modèles. De ce point de vue, le tournesol semble une culture plutôt en pointe.

En matière de physiologie et aussi d'agronomie, le stress hydrique reste clairement la première préoccupation, et le déterminant majeur du rendement. D'autres avancées ont été présentées en physiologie, notamment sur la compréhension des phénomènes de dormance et de germination.

La partie génomique est marquée par l'annonce du séquençage complet du génome du tournesol, prévu pour fin 2012, mais également par l'exposé de la démarche de construction de réseaux gènes-phénotypes à l'aide de puces à ADN, qui permettent d'identifier les gènes impliqués dans le phénotype et les interactions génotype x scénario de stress.

Côté génétique, l'exploitation des ressources génétiques, mais aussi l'organisation et la préservation de ces ressources conservent une place importante, ainsi que l'évolution des méthodes statistiques. Des travaux sur les flux de gènes entre espèces d'*Helianthus*, riches d'enseignements à différentes fins ont également été présentés.

En matière d'ennemis des cultures, le mildiou a tenu la vedette, et à un moindre titre l'orobanche, avec des préoccupations parfois assez proches : évolution des races, besoins de faire évoluer (mildiou, avec des propositions) ou de réorganiser (orobanche) les nomenclatures des races. Dans le cas de l'orobanche, le constat est d'une certaine rareté des sources de résistances spécifiques et de la nécessité de travailler les résistances quantitatives. On peut regretter que ce dernier volet n'ait fait l'objet d'aucune communication en mildiou. Par contre, des pistes nouvelles ont été envisagées – les effecteurs – ou explorées, malheureusement sans succès, avec un agent de lutte biologique.

La lutte contre les oiseaux se révèle problématique. Peu d'exposés ont concerné les insectes ravageurs, mais des pistes ont été données pour la sélection de caractères de tolérance aux insectes chez le tournesol.

Les systèmes de variétés résistantes aux herbicides ont été particulièrement illustrés. Le constat que le recours à un mode d'action unique fragilisait leur

¹⁰ Food and drug administration.

durabilité n'a malheureusement pas été poussé plus avant en termes de modalités de gestion de ces systèmes.

De manière générale, on peut regretter le manque d'approches intégrées, en particulier en matière de protection de la culture. L'approche analytique reste très majoritaire.

Enfin, on notera des prises en compte encore discrètes du changement climatique, perçu comme une opportunité possible dans la session marchés, mais aussi comme une source d'interrogation pour les sélectionneurs sur les objectifs à privilégier et les ressources sauvages à exploiter en priorité (workshop Global Crop Diversity). Ce sujet devrait monter en puissance.

Au niveau des marchés, l'émergence de l'Ukraine en tant qu'acteur économique majeur est un point fort. En termes de qualité, les variétés oléiques sont installées. Des options de profils d'acides gras

diversifiant le portfolio existant se font jour. Arrivent sur le marché des variétés à fortes teneurs en acide stéarique, pour des utilisations en friture profonde, et à l'opposé des variétés à basse teneur en acides gras saturés, pouvant faciliter, dans les aliments où l'huile de tournesol est incorporée, l'obtention de la mention « *zero saturated fat* » autorisée aux États-Unis.

La prochaine conférence ISA aura lieu en 2016 à Edirne en Turquie, pays occupant une position clé entre Europe et Moyen Orient et cultivant près de 500 000 hectares de tournesol par an.

Conflits d'intérêts : aucun

RÉFÉRENCES

Pereyra-Irujo GA, Gasco ED, Peirone LS, Aguirrezábal LAN. GlyPh: a low-cost platform for phenotyping plant growth and water use.

Functional Plant Biology, August 2012 (In press) <http://dx.doi.org/10.1071/FP12052>.

Joel D. Dehydrocostus lactone is exuded from sunflower roots and stimulates germination of the root parasite Orobanche Cumana. *Phytochemistry* 2011 ; 72 : 624-34.

Kane NC, Gill N, King MG, *et al.* Progress towards a reference genome for sunflower. *Botanique* 2011 ; 89 : 429-37.

POUR EN SAVOIR PLUS

Site internet de l'ASAGIR : <http://www.asagir.org.ar/asagir2008/sunflower/prensa.php>

Photos de la Conférence et de la visite à l'INTA

Résumés des sessions et workshops (en espagnol)

Moteur de recherche des textes des communications : http://www.asagir.org.ar/asagir2008/buscar_congreso.asp?e=1.