

## Compte rendu de la 17<sup>e</sup> conférence internationale du tournesol de Cordoba (Espagne), 8 au 12 juin 2008

Sylvie DAUGUET<sup>1</sup>  
 Françoise LABALETTE<sup>2</sup>  
 Vincent LECOMTE<sup>1</sup>  
 Martine LEFLON<sup>1</sup>  
 Emmanuelle MESTRIES<sup>1</sup>

<sup>1</sup> CETIOM, 12 avenue George V,  
 75008 Paris, France  
 <dauguet@cetiom.fr>

<sup>2</sup> ONIDOL, 12 avenue George V,  
 75008 Paris, France  
 <f.labalette@prolea.com>

Du 8 au 12 juin 2008, la magnifique cité de Cordoba (Andalousie, Espagne) accueillit la 17<sup>e</sup> conférence internationale du tournesol organisée par l'ISA (International sunflower association) (figure 1). Succédant à celle de Fargo (USA, 2004), de retour sur le Vieux Continent, elle offrit l'occasion aux chercheurs européens, et notamment à ceux des pays de l'Est, de se déplacer en nombre. Sous l'égide d'un comité d'organisation qui sut allier à merveille la science et la découverte de la culture andalouse, elle parvint à réunir plus de 350 délégués

provenant de près de 35 pays. Sur cette conférence et à l'inverse de celle de 2004, soufflait un vent d'optimisme retrouvé, sans doute lié aux gains de surfaces enregistrés dès fin 2007 dans de nombreux pays à la fois en Europe, surtout de l'Est (Roumanie, Hongrie...) mais aussi dans les zones traditionnelles plus lointaines de production. En témoignent la délégation argentine très nombreuse mais aussi la présence rassurante de jeunes chercheurs travaillant sur cette espèce. Quelques sujets d'actualité animèrent les discussions et la visite

au champ (« *post-tour conference* » du 12 juin) tels que la montée en puissance de l'oléique dans certains pays (dont la France), la fragilité de l'augmentation des surfaces, l'extension de la mise à disposition des solutions de type Imi (variétés de tournesol non OGM et résistantes à un herbicide de la famille des imidazolinones). Ils renforcèrent ainsi l'intérêt d'une conférence où pas moins de 142 contributions furent enregistrées.

Ce compte rendu a pour objet de présenter les principaux axes de recherche et résultats sur les cinq thèmes principalement abordés dans les communications :

- Sélection variétale, outils et ressources génétiques (46 contributions).
- Pathologie (31 contributions).
- Agronomie et physiologie (47 contributions).
- Qualité et transformation des graines (12 contributions).
- Production du tournesol en Espagne et dans le monde (6 contributions).

Les *proceedings* de la conférence sont disponibles auprès du centre de documentation du CETIOM.

### Sélection variétale, outils et ressources génétiques

#### *Sélection variétale et génétique*

Une trentaine de contributions sont regroupées sous cette thématique, qui recouvre les domaines de la sélection, de l'évaluation variétale et des études génétiques associées au développement d'outils moléculaires. Diffé-



Figure 1. Tournesol : paysage andalou (Photo : P. Jouffret).

rents thèmes ont été abordés parmi lesquels l'évaluation de l'effet d'hétérosis pour la production de variétés hybrides, la caractérisation moléculaire des systèmes de stérilité et de restauration de la fertilité mâle, ou encore des études génétiques de résistance aux pathogènes ou aux herbicides.

#### **Aptitude à la combinaison et effet d'hétérosis**

Plusieurs travaux portaient sur l'identification et l'optimisation des effets d'hétérosis, l'hétérosis se définissant comme une supériorité de l'hybride sur ses parents. Dans ce type d'étude, plusieurs combinaisons de lignées mâles et femelles sont testées pour différents caractères, avec pour objectif de déterminer leur aptitude générale à la combinaison (valeur propre des parents) et leur aptitude spécifique à la combinaison (effet d'interaction entre les parents défini pour chaque croisement), l'hétérosis étant lié à ce second paramètre.

Plusieurs contributions présentaient l'évaluation des aptitudes générales et spécifiques à la combinaison de différentes lignées pour plusieurs caractères, dont les composantes du rendement (*Studies on general and specific combining abilities in sunflower*: E. Farrokhi, A. Khodabandeh & M. Ghaffari; *General combining ability analysis in sunflower maintainer lines using line x tester crosses*: E. Farrokhi, B. Alizadeh & M. Ghaffari; *Heterosis for yield and oil content of sunflower lines developed from bi-parental populations*: G. Chigeza, P. Shanahan, M.J. Savage & K. Mashingaidze; *Gene effect and combining abilities of sunflower morphophysiological traits*: N. Hladni, S. Jovic, V. Miklic, M. Kraljevic-Balalic & D. Skoric; *Principal component analysis as a reflector of combining abilities*: M. Ghaffari & E. Farrokhi; *Estimation of genetic diversity of sunflower single cross hybrids using principal component analysis*: H.Z. Tabrizi, H. Monirifar, V. Rashidi, M. Ghaffari). Les deux dernières communications citées présentaient plus particulièrement l'intérêt des méthodes d'analyse en composantes principales pour évaluer les aptitudes générales et spécifiques à la combinaison, ainsi que les corrélations existantes entre différents caractères. Ces différentes analyses montrent que pour différents caractères tels que la teneur en huile ou le poids de mille grains, la détection ou non d'un effet d'hétérosis est très dépendante des croisements étudiés; il semble toutefois se dégager généralement des effets d'hétérosis pour le rendement en grains et en huile.

Deux posters visaient à identifier des indicateurs prédictifs de l'hétérosis. La première étude (*Relationship between genetic distance and heterosis based on quantitative traits and SSR markers in sunflower*: S. Gvozdenovic, D. Saftic-Pankovic, S. Jovic, D. Skoric) met en évidence une corrélation très faible, voire le plus

souvent absente, entre la valeur de l'hétérosis et la distance génétique entre les parents de l'hybride estimée à l'aide de marqueurs anonymes, contrairement à la deuxième étude (*The efficiency of different molecular indices in sunflower breeding*: M. Duca & A. Capatana). Cette dernière étude permet également d'établir une relation entre le niveau d'hétérosis et le polymorphisme entre les parents pour la fraction des protéines de la graine soluble en solution saline.

#### **Caractérisation moléculaire de systèmes de stérilité et de restauration de la fertilité mâle**

Cinq contributions portaient sur la caractérisation moléculaire et la cartographie de gènes impliqués dans le système de stérilité et de restauration de la fertilité des tournesols. Une communication présentait l'identification d'un nouveau système de stérilité mâle cytoplasmique, provenant de l'espèce *H. giganteus*, associé à un gène majeur de restauration de fertilité *Rf4* issu de l'espèce *H. maximiliani* qui a été introgressé sur le groupe de liaison 3 du tournesol (*Identification of a new CMS cytoplasm and localization of its fertility restoration gene in sunflower*: J. Feng & C.C. Jan). Un poster traitait de l'identification d'un nouveau gène majeur de restauration de fertilité mâle, issu probablement de *H. argophyllus* et actif sur le cytoplasme *Pet1* (*Mapping a novel fertility restoration gene in sunflower*: G. Abratti, M.E. Bazzalo & A. Leon). Deux posters traitaient de la cartographie de gènes récessifs de stérilité mâle nucléaire, *ms6* qui est localisé sur le groupe de liaison 16 (*Molecular mapping of a new induced gene for nuclear male sterility in sunflower (Helianthus annuus L.)*: A. Capatana, J. Feng, B.A. Vick, M. Duca & C.C. Jan) et *ms7* pour lequel des marqueurs moléculaires utilisables en sélection ont été développés (*Identification of molecular markers linked to a new nuclear male sterility gene ms7 in sunflower (Helianthus annuus L.)*: C. Li, J. Feng, F. Ma, B.A. Vick & C.C. Jan). Enfin, un poster présentait le début d'un travail de recherche visant à terme à cloner le gène *Rf1* (*Verification of positive BAC clones near the Rf1 gene restoring pollen fertility in the presence of the PET1 cytoplasm in sunflower (Helianthus annuus L.) and direct isolation of BAC ends*: S. Hamrit, B. Kusterer, W. Friedt & R. Horn).

#### **Résistance aux bioagresseurs et résistance aux herbicides**

Plusieurs posters présentaient des analyses génétiques de la résistance à différents bioagresseurs. Deux contributions concernaient la résistance génétique au sclérotinia: la première montre que des hybrides issus de croisements entre des lignées mâles résistantes et des

lignées femelles sensibles présentent des niveaux de résistance partielle, s'exprimant à différents stades de développement du champignon (*White rot resistance, seed weight and seed oil content in sunflower test-crosses*: M.A. Giussani, F. Castano, R. Rodriguez & F. Quiroz). La deuxième contribution (*QTL for capitulum resistance to Sclerotinia sclerotinium in sunflower*: F. Vear, I. Jouan-Dufournel, P.F. Bert, F. Serre, F. Cambon, C. Pont, P. Walser, S. Roche, D. Tourvieille de Labrouhe & P. Vincourt) vise à l'identification de QTL (quantitative trait loci) de résistance au sclérotinia par l'étude d'hybrides et de populations en ségrégation. Dans chaque essai, de 1 à 3 QTL ont pu être détectés expliquant chacun de 8 à 29 % de la variabilité du niveau de résistance, et des colocalisations ont été trouvées entre des QTL détectés au champ et en conditions contrôlées. Une communication portait sur l'identification par transcriptome des gènes impliqués dans la résistance du tournesol au virus SuCMoV (*Differential gene expression in SuCMoV-tolerant and susceptible sunflower lines*: D. Mailo, M. Poverene, F. Giolitti & S. Lenardon). Quatre-vingt huit gènes, exprimés au niveau des feuilles ont ainsi été identifiés, notamment des gènes impliqués dans la réponse au stress et dans des mécanismes généraux de défense. Une communication présentait un travail de cartographie fine du gène de résistance au mildiou *PIArg* (*Fine mapping of the downy mildew resistance locus PIArg in sunflower*: S. Wiecekhorst, V. Hahn, C.M. Dussle, S.J. Knapp, C.C. Schön & E. Bauer). Ce travail est encore en cours, mais a déjà permis d'identifier des marqueurs liés au gène. Un autre poster présentait un travail en cours d'identification de la nature du gène *Or5* de résistance à l'orobanche race E, et de définition de marqueurs moléculaires liés à ce gène (*Candidate gene analysis and identification of TRAP and SSR markers linked to the Or5 gene, which confers sunflower resistance to race E of broomrape (Orobanche cumana Wallr.)*: A. Marquez-Lema, P. Delavault, P. Letousey, J. Hu & B. Perez-Vich). Enfin, une communication présentait l'évaluation d'hybrides de tournesol ayant une résistance totale au triburonon, et montre que ces hybrides ont le même potentiel de rendement que des hybrides classiques (*New sunflower hybrids tolerant of triburonon-methyl*: S. Jovic, V. Miklic, G. Malidza, N. Hladni, S. Gvozdenovic).

#### **Autres thématiques abordées**

Plusieurs posters présentaient des démarches d'évaluation et de sélection de variétés adaptées aux conditions locales de Bosnie-Herzégovine (*Selection of sunflower hybrids for Banja Luka area in Bosnia and Herzegovina*: J. Kondic & K. Mijanovic), d'Argentine (*Germoplasma mejorado de girasol de la EEA Perga-*

mino : J. Gonzalez, N. Mancuso & P. Luduena), de la région centrale du Brésil pour un semis très tardif en février-mars (*Selection of sunflower genotypes for Central Brazil*: C.G. Portela de Carvalho, A.C. Barneche de Oliveira, A.K. Grunvald & F. Peirera da Silva), ou du sud-est du Brésil pour un semis précoce en août-septembre (*Selection of sunflower genotypes for sowing dates in August/September in Southern region of Brazil*: A.C. Barneche de Oliveira, C.G. Portela de Carvalho, A.K. Grunvald & F. Peirera da Silva). Une autre communication présentait l'évaluation d'une variété tolérante à des températures basses, qui pourrait être utilisée au Maroc avec des semis à l'automne, et serait ainsi moins soumise aux stress hydriques (*Ichraq : Première variété de tournesol d'automne au Maroc* : A. Nabloussi, B. Akhtouch, M. Boujghagh, M. El Asri & M. El Fechtali). Ces études ont pour enjeux de développer la culture de tournesol dans des régions où elle était peu présente, ou d'améliorer la stabilité des rendements dans certaines zones de culture. Une autre communication visait à déterminer s'il était possible de sélectionner des variétés à haut potentiel avec un cycle de développement court (*Vegetation period and hybrid sunflower productivity in breeding for earliness* : S. Gontcharov & M. Zaharova). Pour les meilleurs hybrides testés, l'étude présentée révèle l'existence d'une corrélation entre le rendement grains et la durée de la phase de développement de l'émergence à la floraison, et une corrélation entre la teneur en huile et la durée de la phase de développement de la floraison à la maturité. Une autre étude visait à évaluer le niveau d'héritabilité des composantes du rendement du tournesol et montre que la teneur en huile est un caractère à forte héritabilité, tandis que le nombre de graines dépend fortement de l'environnement (*Herdabilidad de componentes de rendimiento en dos poblaciones de girasol de la EEA Pergamino*: J. Gonzales, N. Mancuso & P. Luduena).

Enfin, sur des aspects de génomique et de génétique moléculaire, une communication traitait de la détection de QTL pour différents caractères morphologiques (*Construction of a linkage map with TRAP markers and identification of QTL for four morphological traits in sunflower (Helianthus annuus L.)*: B. Yue, B.A. Vick, J.F. Miller, X. Cai & J. Hu) et une communication présentait un portail web développé en France, à Toulouse, et regroupant différentes ressources génomiques des espèces d'*Helianthus* ainsi que des outils de bioinformatique ([www.heliagene.org](http://www.heliagene.org); HeliaGene, a bioinformatics portal for *Helianthus* sp. *Genomics*: S. Carrière, J. Gouzy, N. Langlade, P. Gamas & P. Vincourt).

### Espèces sauvages d'*Helianthus* et ressources génétiques

Cette session du congrès, introduite par la conférence de C.C. Jan intitulée « *Sunflower germplasm development utilizing wild Helianthus species* », regroupait une quinzaine de contributions, la majorité d'entre elles présentant les espèces sauvages comme une source de diversité génétique utilisable pour l'amélioration du tournesol cultivé. Le genre *Helianthus* compte 14 espèces annuelles et 37 espèces pérennes toutes natives de l'Amérique du Nord. Des efforts sont réalisés afin d'exploiter au mieux ce réservoir de ressources génétiques pour améliorer le tournesol cultivé (*H. annuus*), tout d'abord par le développement de collections, par l'évaluation de ces collections pour des caractères d'intérêt, puis par des tests de faisabilité des croisements interspécifiques.

Cinq posters portaient sur la caractérisation de collection et sur l'évaluation de la diversité génétique des espèces de tournesols (*Studies on some morphological characters of wild Helianthus annuus L. accessions with different origin*: D.Valkova, M. Hristova-Cherbadzi, M. Christov & E. Penchev; *Seed morphology and oil composition of wild Helianthus annuus from Argentina*: M. Cantamutto, D. Alvarez, A. Presotto, I. Fernandez-Moroni, G. Seiler & M. Poverene; *Wild sunflower species from the southeastern United States as potential sources for improving oil content and quality in cultivated sunflower*: G. Seiler, T.J. Gulya & G. Kong). De ces trois premières communications, seule la dernière explore la diversité d'espèces autres que *H. annuus*, dont 6 espèces d'*Helianthus* pérennes et 1 espèce annuelle. Un poster présentait l'état actuel de la collection américaine d'*Helianthus* de l'USDA-ARS (2008 update: *The USDA sunflower collection at the north central regional plant introduction station, Ames, IA, USA*: L.F. Marek, C.C. Block & C.C.A. Gardner). Celle-ci compte à ce jour 3 088 accessions d'*Helianthus* d'espèces annuelles (dont 2 006 accessions d'*Helianthus annuus*) et 750 accessions d'*Helianthus* pérennes. Un gros travail de caractérisation de ces accessions a été réalisé ces dernières années et 86 % d'entre elles sont aujourd'hui bien caractérisées par des observations morphologiques et phénologiques et sont disponibles sur demande. Une communication présentait la constitution de collections emboîtées de 48, 96, 144 et 384 lignées de tournesol dans le cadre d'une collaboration entre des partenaires publics et privés français (*Sunflower nested core collections for association studies and phenomics*: M. Coque, S. Mesnildrey, M. Romestant, B. Grezes-Beset, F. Vear, N.B. Langlade & P. Vincourt). Ces collections sont réalisées autour d'un noyau central de 48 à 96 lignées d'accès public qui couvrent respectivement 47 et 59 % de la variabilité

totale de la plus grande collection (384 lignées publiques et privées).

Différentes contributions bulgares, serbes et américaines, portaient sur des études d'aptitude au croisement entre *H. annuus* et différentes espèces sauvages (*Hybridization between cultivated sunflower Helianthus annuus L. and wild perennial species Helianthus pumilus Nuttall.* : M. Hristova-Cherbadzi & M. Christov; *Characterization of hybrids from crosses between cultivated Helianthus annuus L. and subspecies rydbergii (Britton) Long of perennial diploid Helianthus nuttallii* : M. Hristova-Cherbadzi & M. Christov; *Cytogenetic study of F1 sunflower interspecific hybrid (Helianthus annuus x Helianthus praecox)* : J. Atlagic & S. Terzic). Ces trois premières communications révèlent le grand intérêt de la communauté tournesol pour développer des croisements entre le tournesol cultivé et des espèces d'*Helianthus* pérennes, car ces espèces possèdent un grand potentiel notamment pour la résistance aux maladies. Toutefois, ces croisements sont dans l'ensemble toujours difficiles, car les hybrides ne produisent que peu ou pas de graines, même si, comme l'a précisé C.C. Jan en introduction de la session, le développement des méthodes de sauvetage d'embryon et de culture *in vitro* a permis depuis 15 ans d'augmenter les possibilités d'obtenir des descendances. On pourra par ailleurs citer l'étude américaine visant à optimiser l'efficacité des introgressions entre *H. tuberosus* et le tournesol cultivé par la comparaison de différents schémas de croisement (*Using interspecific hybrids with Helianthus tuberosus L. to transfer genes for quantitative traits into cultivated sunflower, H. annuus L.* : B.S. Hulke & D.L. Wyse). Enfin, une communication montrait les possibilités de domestication de populations sauvages d'*Helianthus annuus* en quelques générations suivant un croisement initial avec des lignées de tournesol cultivé (*Helianthus annuus natural populations to increase the whole genetic diversity of domesticated sunflower : the concept of neodomestication* : H. Serieys, H. Nooryazdan, F. Kaan, R. Bacilieri, J. David, M.F. Ostrowski, M.H. Muller & A. Bervillé). Les populations étudiées montrent notamment une augmentation rapide du poids de mille grains et une forte réduction du nombre de ramifications en réponse à des pressions de sélection variables en faveur de caractères de tournesols cultivés.

Quelques contributions portaient spécifiquement sur les caractères d'intérêt présents chez les *Helianthus* sauvages et les gains génétiques déjà apportés aux tournesols cultivés par l'utilisation de ces ressources. Dans la conférence d'ouverture de la session, C.C. Jan a présenté une synthèse des caractères du tournesol cultivé ayant été ou pouvant être améliorés grâce à l'utilisation des espèces sauvages. Des intro-

gressions de différents caractères ont en effet été réalisées avec succès notamment en ce qui concerne les systèmes d'hybridation (stérilité mâle cytoplasmique et gènes de restauration de la fertilité), la résistance à certaines maladies (mildiou, phomopsis et oïdium), la résistance à l'orobanche, la tolérance au sel, et la tolérance à certains herbicides (tribunéron et imidazolinones). Concernant ce dernier point, une communication montrait que certaines plantes sauvages des espèces *H. argophyllum* et *H. annuus* échantillonnées aux Etats-Unis en 1991, avant l'utilisation de variétés de tournesols résistantes au tribunéron, présentaient déjà naturellement des résistances à cet herbicide (*Tribuneron-methyl resistance in accessions of annual wild sunflower species from the Novi Sad germplasm collection* : S. Terzic & J. Atlagic). Pour d'autres caractères, un grand potentiel non encore exploité a également été détecté chez les *Helianthus* sauvages. Cela concerne par exemple la résistance au sclérotinia, à l'alternaria, la tolérance aux insectes ou encore la tolérance à la sécheresse. Cette synthèse est complétée par une communication bulgare, montrant que l'utilisation des espèces apparentées au tournesol cultivé peut également permettre d'augmenter la taille des graines ou la teneur en huile, et de développer des lignées présentant de très bonnes aptitudes à la combinaison, i.e. de bons parents d'hybrides (*Helianthus species in breeding research on sunflower* : M. Christov). Enfin, dans cette session, deux communications abordaient la question des formes sauvages de tournesols comme un risque pour la production de tournesols cultivés: une contribution française révélait l'augmentation des infestations des parcelles de tournesols cultivés en France par des tournesols adventices, présentant des caractères morphologiques de type sauvage (*Weedy sunflowers in France : Prevalence and first interferences on their origin*: M.H. Muller, V. Lecomte, B. Garric, P. Jouffret, M. Leflon, F. Pourageux & R. Ségura). Une contribution argentine évaluait les risques d'infestation des zones de production de semences de tournesols en Argentine par des populations d'*Helianthus annuus* sauvages ou de *H. petiolaris*, ce qui pourrait induire des problèmes dans le contrôle des croisements (*Preventing botanical contamination risk of sunflower hybrid seed in the Valle Bonaerense del Rio Colorado, Argentina* : M. Cantamutto, A. Presotto, J.P. Renzi & M. Poverene).

## Pathologie et résistance du tournesol aux maladies

Trente et une communications de ce 17<sup>e</sup> Congrès concernaient la résistance du tournesol aux maladies, dont sept pour la France, premier pays contributeur. Les communi-

cations rendaient compte des travaux menés sur neuf pathogènes (champignons, virus) et parasites (orobanche).

La session a été ouverte par Ferenc Virányi, de l'Université de Gödöllő en Hongrie. Dans son exposé intitulé « *Research progress in sunflower diseases and their management* », F. Virányi a dressé, à travers l'examen d'une centaine de nouvelles publications depuis le dernier congrès tournesol à Fargo, un panorama complet des progrès récents de la recherche internationale sur les maladies du tournesol. Ceux-ci concernent principalement le mildiou (*Plasmopara halstedii*), l'orobanche (*Orobanche cumana*) et le sclérotinia (*Sclerotinia sclerotiorum*) :

Les travaux menés sur le mildiou du tournesol portent à la fois sur le champignon et la résistance de la plante : côté champignon, ils permettent par exemple de mieux connaître la diversité du mildiou de par le monde : identification des nouveaux pathotypes, répartition géographique, résistance au métalaxyl, étude de la variabilité génétique du pathogène (par marqueurs moléculaires ou biochimiques). Par contre aucune équipe n'a pu encore identifier de marqueurs liés à la virulence des pathotypes. Côté plante, la recherche et la cartographie génétique de nouvelles sources de résistance spécifique à différents pathotypes se poursuivent. Des travaux récents traitent des risques de contournement des gènes de résistance spécifique et de l'identification d'une résistance quantitative au mildiou chez le tournesol. Des recherches ont également porté sur les mécanismes sous-jacents à la réaction d'hypersensibilité, ainsi que sur la résistance induite.

L'orobanche est, comme le mildiou, un parasite largement distribué, notamment en Europe, et en constante évolution. De nombreuses publications font état de cette évolution (identification, répartition, nuisibilité) et des travaux conduits en 2007 proposent une nouvelle méthode de diagnostic par marqueurs moléculaires. Le déterminisme génétique de la résistance du tournesol fait également l'objet de nombreuses recherches, à la fois sur les gènes de résistance spécifique, mais aussi sur l'identification de QTL (*quantitative trait loci*) impliqués dans la résistance. Les mécanismes de défense du tournesol sont explorés, ainsi que la recherche d'agents de lutte biologique contre ce parasite.

En ce qui concerne le sclérotinia, la voie de la lutte génétique reste la voie très majoritairement explorée par les chercheurs au niveau international : les publications récentes portent sur l'utilisation de la sélection récurrente et sur la recherche de QTL impliqués dans la résistance. Par ailleurs, l'amélioration des méthodes d'évaluation du comportement des génotypes

face aux attaques au collet et sur capitule est la préoccupation de plusieurs équipes.

En faisant le point sur les pathogènes du tournesol et leur impact en culture dans les différents pays où il est cultivé, cette synthèse réalisée par F. Virányi offre donc un résumé très complet des recherches récentes sur les maladies du tournesol et permet d'ouvrir de nouvelles pistes de travail pour les chercheurs.

A Cordoue, le mildiou et le sclérotinia ont également fait partie des champignons pathogènes les plus étudiés : dix contributions traitaient du mildiou et sept du sclérotinia. Par contre deux seulement s'intéressaient à l'orobanche. Le phomopsis (*Diaporthe helianthi*), avec cinq contributions, reste un pathogène très travaillé. Les autres contributions concernaient le sunflower chlorotic mottle virus SuC-MoV (deux contributions), le verticillium (*Verticillium dahliae*), la rouille (*Puccinia helianthi*), le phoma (*Phoma macdonaldii*) et l'alternaria (*Alternaria helianthi*) (une contribution chacun).

Tous bioagresseurs confondus, les travaux présentés s'organisaient autour de quatre grands thèmes : l'évaluation du comportement du matériel végétal, la génétique de la résistance, l'étude de la variabilité génétique des pathogènes *via* les marqueurs moléculaires et l'épidémiologie.

### Mildiou

Sept des dix contributions présentées étaient françaises, témoignant du leadership de la France dans la recherche sur ce pathogène (figure 2). Comme le soulignait F. Virányi dans son propos introductif, la France est le pays du monde où le mildiou a le plus évolué dans ces dernières années. Le mildiou y étant classé parmi les parasites de quarantaine, rendant obligatoire la lutte contre ce pathogène, les recherches menées en France couvrent donc un éventail très large, allant de l'épidémiologie aux méthodes de détermination du potentiel infectieux d'un sol (*Determining the sunflower downy mildew risk by soil analysis*, D. Tourvieille de Labrouhe, A. Penaud, P. Walsler, E. Mestries, J. Moinard, F. Serre, C. Thiery, B. Garric, F. Delmotte & X. Pinochet), en passant par la mesure de la résistance quantitative (*Research on a growth chamber test to measure quantitative resistance to sunflower downy mildew*, F. Serre, P. Walsler, S. Roche, F. Vear & D. Tourvieille de Labrouhe) et l'étude de l'impact du mode de gestion des gènes de résistance spécifique par le choix variétal sur la durabilité de ce type de résistance (*Can management of Pl genes influence aggressiveness in Plasmopara halstedii (sunflower downy mildew) ?* N. Sakr, J. Tourvieille, P. Walsler, F. Vear, M. Ducher & D. Tourvieille de Labrouhe). Vear *et al.* ont présenté une synthèse sur les origines (tournesol



Figure 2. Attaque de mildiou sur tournesol (Photo : E. Mestries).

cultivé, *Helianthus annuus* sauvages, ou autres espèces d'*Helianthus* sauvages) des gènes de résistance spécifique du tournesol au mildiou et ouvrent des perspectives sur l'exploitation de la résistance quantitative (*Origins of major genes for downy mildew resistance in sunflower*, F. Vear, H. Serieys, A. Petit, F. Serre, J.P. Boudon, S. Roche, P. Walsler & D. Tourvieille de Labrouhe). Par ailleurs, la variabilité du pathogène était abordée par des communications française et russes. Ainsi l'utilisation de marqueurs dérivés d'EST sur la collection des pathotypes français a montré la forte variabilité génétique existante entre ces pathotypes et a permis de révéler pour la première fois les liens génétiques entre eux (*EST-derived markers highlight genetic relationships among *Plasmopara halstedii* French races*, F. Delmotte, X. Giresse, S. Richard-Cervera, F. Vear, J. Tourvieille, P. Walsler & D. Tourvieille de Labrouhe). L'équipe de Krasnodar en Russie a pour sa part identifié sept pathotypes entre 2004 et 2007 dans le Nord Caucase (*Races of *Plasmopara halstedii* on sunflower on separate agroecosystems of Adigea Republic, Krasnodar and Rostov regions in Russia*, T. Antonova, M. Iwebor & N. Araslanova), et l'exploration de leur variabilité génétique à l'aide de marqueurs RAPD a permis d'émettre des hypothèses sur leur origine et leurs liens génétiques (*Differences in some DNA RAPD-loci of *Plasmopara halstedii* races affecting sunflower in Krasnodar region of Russia*, T. Antonova, G. Guchetl, M. Iwebor & T. Tchelustnikova).

Enfin, citons les travaux sur la résistance induite menés en Hongrie dont les premiers résultats

montrent l'activation de l'expression de différents gènes de défense impliqués dans la résistance aux stress abiotiques ou biotiques suite au traitement des graines par benzothiadazole avant infection par le mildiou de trois lignées de tournesol présentant des résistances différentes (*Molecular changes in downy mildew-infected sunflower triggered by resistance inducers*, K. Körösi & F. Virányi).

#### *Sclerotinia*

Les contributions sur ce pathogène étaient particulièrement internationales : Serbie, Bulgarie, Hongrie, Argentin, Iran et Etats-Unis ! Les travaux présentés utilisaient deux grandes catégories de méthodes d'évaluation du comportement du matériel végétal pour la tolérance aux attaques de sclerotinia :

- les tests au champ, pour les attaques au collet ou sur capitule : signalons en particulier les expérimentations conduites pour aboutir à une méthodologie permettant l'évaluation d'une large gamme de génotypes pour leur tolérance aux attaques au collet (*Large-scale field evaluations for sclerotinia stalk rot resistance in cultivated sunflower*, T. Gulya, S. Radi & N. Balbyshev) ;

- les tests *in vitro*, avec l'utilisation de filtrats de culture de sclerotinia ou d'acide oxalique, et dont les résultats semblent prometteurs pour le screening de matériel cultivé (*Study on an in vitro screening test for resistance to *Sclerotinia sclerotiorum* in sunflower*, M. Drumeva, N. Nenova & I. Kiryakov) ou d'espèces sauvages (*Towards *Sclerotinia* resistance – In vitro screening of wild sunflower species*, K. Taski-Ajdukovic,

D. Miladinovic, N. Nagl, S. Terzic, S. Jovic & W. Miklic).

#### *Phomopsis*

Toutes les contributions sur ce pathogène provenaient des équipes d'Europe de l'Est, révélant la présence importante de cette maladie dans ces zones de culture du tournesol. La recherche de géniteurs tolérants à la maladie reste d'actualité, notamment en Croatie (*Estimation of sunflower breeding material tolerance to *Diaporthe/Phomopsis helianthi**, T. Duvnjak, A. Mijić, I. Liović, M. Vratarić, A. Sudarić, M. Krizmanić, K. Vrandečić & J. Cosić). C'est également en Croatie qu'a, pour la première fois dans ce pays, été identifiée un isolat de phomopsis sur la lampourde (*Morphological and molecular identification of *Diaporthe helianthi* from *Xanthium italicum**, K. Vrandečić, D. Jurkovic, J. Cosic, L. Riccioni & T. Duvnjak). Comme le mildiou, le phomopsis fait également l'objet de recherches sur la résistance induite, avec des tests de traitements de semences au champ (*Phomopsis control in sunflower using products of biogenic origin*, I.I. Begunov, V.T. Piven, A.T. Podvarko, V.Y. Ismailov & T. Gulya).

#### *Orobanche*

L'orobanche est une plante parasite qui pose des problèmes sérieux dans de nombreux pays (figures 3 et 4). Ces dernières années, de nouveaux pathotypes sont apparus, notamment en Espagne et en Roumanie. Les contributions présentées faisaient le point sur l'évolution de la répartition géographique des différentes races dans ces deux pays, et leur impact en culture. Les travaux portaient également sur l'identification de nouvelles sources de résistance et le déterminisme génétique de résistance sous-jacent (*Distribution and dissemination of sunflower broomrape (*Orobanche cumana* Wallr.) race F in Southern Spain*, J. Fernandez-Escobar, I. Rodriguez-Ojeda & L.C. Alonso ; *The impact of the new races of broomrape (*Orobanche cumana* Wallr.) parasite in sunflower crop in Romania*, M. Pacureanu, S. Raranciuc, E. Procopovici, E. Sava & D. Nastase).

#### *Autres pathogènes*

Cette session a également été l'occasion de faire le point des connaissances sur des pathogènes peu travaillés, car d'importance économique très variable selon les pays producteurs. Parmi, eux, citons le phoma : seule la France semble être touchée par le phoma et le dessèchement précoce (*Effects of nitrogen and water on premature ripening caused by *Phoma macdonaldii*, a fungal pathogen of sunflower*, C. Seasau, E. Mestries, P. Deabeke & G. Dechamp-Guillaume). Soulignons que les travaux



Figure 3. Hampe florale d'orobanche sur tournesol (Photo : E. Mestries).

engagés sur l'impact de l'itinéraire technique sur l'expression de la maladie font partie, avec ceux sur l'alternaria au Brésil (*Effects of sowing date and initial inoculum of Alternaria helianthi on sunflower in the south region of Brazil*, R.M.V.B.C. Leite, L. Amorim, A. Bergamin Filho, M.C.N. de Oliveira & C. de Castro), des seuls parmi tous ceux présentés lors de cette conférence à faire le lien entre pathologie et agronomie. A l'opposé, le verticillium (*Verticilliosis en germoplasma de girasol*, J. Gonzales, N. Mancuso, P. Ludueña & A. Ivancovich), le SuCMoV (*Molecular characterization of a novel Sunflower chlorotic mottle virus (SuCMoV) strain*, N. Bejerman, F. Giolitti & S. Lenardon ; *Pathological and morphological evaluation of sunflower isohybrids carrying or not the Rcm-1 gene for Sunflower chlorotic mottle virus resistance*, M.E.

Bazzalo, F. Giolitti, M.T. Galella, A. Léon & S. Lenardon) et la rouille ne sont travaillés qu'en Argentine : ces 3 pathogènes y sont en effet à l'origine de dégâts importants. Il en est de même pour l'alternaria, considéré comme un facteur limitant de la culture au Brésil.

### **Agronomie (désherbage, fertilisation, conduite culturale) et physiologie**

Les deux innovations majeures sur ce thème concernaient le désherbage avec les tournesols tolérants aux imidazolinones et sulfonyles et les avancées en terme de modélisation de la culture du tournesol, en particulier par les équipes de recherche françaises.

Ainsi cette cession a été ouverte par F. Flénet du CETIOM sur les apports de la modélisation dans le champ de l'agronomie du tournesol (*Could a crop model be useful for improving sunflower crop management ?*). Après avoir mis en évidence tous les points de l'itinéraire technique et les facteurs du milieu susceptibles d'avoir un effet sur les performances de la culture, il montrait que la modélisation était le seul outil permettant de tester de très grands nombres de combinaisons de ces facteurs. S'appuyant en particulier sur les travaux réalisés en France, il décrivait ensuite les principes et caractéristiques de quelques modèles.

### *Conduite de culture*

Au niveau du désherbage on a pu retenir la présentation du Système « CLHA-plus ». Il s'agit d'une nouvelle source de résistance à la famille des imidazolinones alternative à la mutation actuellement développée (« IMISUN »). Cette nouvelle mutation devrait entraîner une meilleure sélectivité des herbicides à base d'imidazolinone (moins d'effet freinant sur la biomasse du tournesol suite à l'application de l'herbicide). Elle pourrait être soit combinée dans des hybrides hétérozygotes IMISUN / CLHA-plus, soit dans des hybrides homozygotes CLHA-plus. Elle devrait être développée dans les prochaines années (*Development of CLHA-plus : a novel herbicide tolerance trait in sunflower conferring superior imidazolinone tolerance and easy breeding* : C. Sala, M. Bulos, M. Echarte, S. Whitt, G. Budziszewski, W. Howie, B. Singh & B. Weston, Argentine et USA).

L'effet du travail du sol sur des variétés de tournesol non tolérantes à l'orobanche, était abordé dans un papier espagnol. Il ressort que le travail du sol sans labour permet sur les trois ans de test une réduction de la densité d'orobanches par plante par rapport à un travail du sol avec labour (*La agricultura de conservación como sistema viable para combatir el jopo en el girasol* ; R. Garcia-Ruiz, F. Perea-Torres, R. Ordonez-Fernandez et J. Garcia-Lopez, Espagne).

Des résultats des travaux de l'INRA sur le semis très précoce du tournesol étaient enfin présentés (*Early sowing as a mean of drought escape in sunflower : effects on vegetative and reproductive stages*, C. Allinne, N. Ghoribi, P. Maury, R. Maougal, A. Sarrafi, N. Ykhlef et P. Grieu, France). L'hypothèse qu'un semis très précoce de tournesol permet d'augmenter la probabilité d'éviter que la période reproductrice survienne lors de la période chaude et sèche (fin du printemps et été) a été testée. Mais cette technique a l'inconvénient d'occasionner de faibles températures lors des premières phases du cycle du tournesol (germination, levée). Un ensemble de lignées recombinantes a été testé en deux lieux (Toulouse – France et Constan-



Figure 4. Infestation d'orobanche sur tournesol (Photo : P. Jouffret).

tine – Algérie) en 2007 avec deux dates de semis (normale et très précoce soit un mois avant la date normale). Selon les lieux et les variétés, des différences significatives au niveau phénologique ont été observées. Les écarts d'exigences en sommes de degrés jours entre les deux sites peuvent être expliqués par les effets phénologiques des basses températures et des photopériodes différentes. Sur chacun des deux sites, le classement variétal n'a pas été modifié selon la date de semis. L'évaluation du comportement de différents génotypes de tournesol vis-à-vis du semis très précoce en mesurant la réponse phénotypique à des conditions variées de températures et de photopériodes doit être poursuivie.

Enfin, l'identification des facteurs limitants du rendement à l'échelle d'une région ou d'un pays reste une préoccupation. Des résultats issus des suivis 2007 réalisés dans le Sud-Ouest de la France ont été présentés (*Impact des facteurs limitants du rendement du tournesol en Midi-Pyrénées en conditions réelles d'utilisation par les agriculteurs* : V. Thebaud, J. Scheiner & J. Dayde El Purpan). Si aucun effet significatif de la profondeur de travail du sol sur le rendement n'a été mis en évidence dans les conditions de l'année, les résultats montrent que le premier facteur limitant de rendement sur ces parcelles a été le *Phoma macdonaldii*. Cela peut s'expliquer par (i) le fait que les deux traitements « travail du sol » étaient peu discriminants, (ii) l'absence de conditions sèches, (iii) la présence de *Phoma macdonaldii* sur les deux modalités de travail du sol. Les travaux se poursuivent de 2008 à 2010 pour évaluer l'impact des contraintes physiques du sol sur la limitation des rendements en Midi-Pyrénées.

En Roumanie, dans les rotations courtes avec tournesol et/ou soja, c'est le sclérotinia qui semble être un facteur limitant important du rendement (*Some aspects of sunflower crop management in Romania*, G. Sin, M. Botea & L. Dragan). Ainsi, par rapport à ce risque, il est conseillé de cultiver le tournesol au plus un an sur six. Entre un travail du sol à 30 cm de profondeur et l'absence de travail du sol (semis direct) un écart moyen de 2,7 q/ha en faveur du travail profond est observé (20,3 contre 23,0 q/ha). Les écarts de rendements présentés sont des moyennes sur 4 années d'essais. Le peuplement optimal est compris entre 40 et 50 000 plantes/ha (moyennes d'essais sur 10 ans).

#### Agro-physiologie

Le comportement du tournesol dans des conditions de stress hydrique a fait l'objet de plusieurs contributions dont on peut livrer quelques illustrations.

Une première émanant d'un centre de recherche roumain comparait le comportement de cinq cultivars de tournesol (d'origine pays de l'Est) sous deux régimes hydriques, une modalité à faible contrainte hydrique où le sol est maintenu à 70 % de sa capacité au champ et une modalité stressée avec un sol maintenu à 40 % de sa capacité au champ (*Physiological traits for quantification of drought tolerance in sunflower* ; E. Petcu, M. Stanciu & F. Raducanu). Cette expérimentation a montré que le stress hydrique occasionne une baisse de l'indice foliaire, de la taille du pivot, de la teneur en chlorophylle et du rendement et des comportements différents selon les hybrides ont été mis en évidence.

Une autre provenant du Brésil rapportait qu'en conditions sèches vs. conditions irriguées, le système racinaire du tournesol se développe plus profondément et la densité racinaire est plus élevée (2 à 4 fois plus élevée par rapport aux modalités irriguées « modérément » et « sans aucun stress » sur l'horizon 30-80 cm). Néanmoins la modalité en sec (pluviale) entraîne une baisse de rendement de respectivement 17 et 30 % par rapport aux modalités irriguées « modérément » et « sans aucun stress » (*Sunflower yield and root system development under water stress in tropical conditions*, EM. Gomees, M. Regina, G. Ungaro & B. Vieira).

A l'inverse, une communication japonaise faisait part d'une étude sur la qualité des graines (teneur en huile, teneurs en acides oléique et linoléique) et sur le rendement en graines de la culture du tournesol sur des sols plus ou moins saturés en eau (*Effects of high water table conditions on sunflower growth and quality*, S. Yasumoto, Y. Terakado, M. Matsusaki & K. Okada). Une humidité excessive des sols combinée à des conditions fraîches entraîne une baisse du rendement de la teneur en huile et en acide oléique et une augmentation de la teneur en acide linoléique. Les mécanismes physiologiques à l'origine des modifications du comportement du tournesol sur les sols très humides devront être étudiés pour à terme augmenter les rendements et la teneur en acide oléique du tournesol dans ces systèmes de culture particuliers à base de riz.

La possibilité de cultiver du tournesol dans des sols à forts taux de métaux lourds et de bore (anciennes décharges automobiles) était abordée dans une communication brésilienne. Si le tournesol s'est développé normalement, sa capacité à extraire ces métaux du sol doit à présent être étudiée (*Initial growth of sunflower in soils with high concentrations of boron and heavy metals*, A. Pires, C. Abreu, A. Coscione, V. Da Silva & N Ramos).

Le rôle des abeilles dans la fécondation des capitules de tournesol était pointé dans un papier argentin. Un suivi du parcours des abeilles sur les capitules de tournesol en floraison a mis en évidence une relation entre la densité de visites d'une zone d'un capicule par les abeilles et la densité de graines incomplètement développées (akènes sans amande, ...). Plus une zone du capicule est parcourue par les abeilles, meilleure est la qualité de fécondation avec un impact significatif sur le rendement final (*The pattern of foraging path of the Honey bee (Apis mellifera) can also explain the appearance of located regions with incompletely developed fruits in the sunflower capitulum*, L.F. Hernandez).

Une communication serbe confirmait les travaux antérieurs, notamment ceux du CETIOM

(Merrien) montrant que le maximum d'accumulation de matière sèche en tournesol est atteint environ 30 jours après le début de la floraison. La période où le rythme d'accumulation de matière sèche est le plus élevé va de l'initiation florale au début de la floraison (*Dynamics of dry matter accumulation in sunflower*; N. Dusanic, V. Miklic, I. Baladic, V. Radic & J. Crnobarac)

Les travaux réalisés sur 5 ans (2002-06) et 10 variétés de tournesol en Argentine montraient eux une très bonne corrélation statistique (et non de cause à effet) entre le poids de mille graines final de l'akène sec et la quantité d'eau maximale contenue dans l'akène au cours de sa formation (*Determination of maximum achene size in sunflower*; A. Mantese, D. Rondanini, D. Medan & A.J. Hall).

Dans leur papier, une équipe croate rapportait que l'application de Réglone (3 L/ha) permettait d'améliorer le taux de germination de la graine en conditions contrôlées de manière significative (+ 7,3 %) par rapport au témoin mais, qu'au champ, les vigueur germinatives mesurées étaient comparables entre semences issues d'une production régulée ou pas : les écarts sont non significatifs avec un léger avantage au Réglone (78,6 % de taux de levée contre 75,8 % sur le témoin) (*Influence of desiccation on germination and field emergence of sunflower*; I. Liovic, M. Bilandzic, M. Krimanic, A. Mijic, R. Popovic, I. Ivanisic, T. Duvnjak, B. Simic & J. Cosic). Toujours autour de la germination, une communication américaine relatait des expérimentations dont il ressortait que les tournesols non dormants sont insensibles à l'acide abscissique probablement à cause d'une mutation (*Abcisic acid content of a nondormant sunflower (Helianthus annuus L.) mutant*, A Brady & C Jan).

### Modélisation

La première communication concernait la modélisation de la verse non pathologique, occasionnée par le vent notamment, problème important du tournesol Argentine et occasionnant des pertes de rendement significatives (*Development and validation of a model of lodging for sunflower*; M. Sposaro, P. Berry, M. Sterling, J. Hall & A. Chimenti, Argentine). À partir d'un modèle de simulation du risque de verse mis au point en blé et orge basé sur des données de climat, de sol, des pratiques culturales et des caractéristiques de la plante, l'équipe argentine s'attache à étendre ce modèle à la culture du tournesol (verse racinaire et par pliure de la tige).

Au niveau de la plante, il apparaît que l'épaisseur de l'épiderme et du cortex au niveau du tiers inférieur de la tige est la principale variable d'entrée du modèle pour évaluer le risque de rupture de la tige en cas de vent. Le modèle a

été testé dans des essais au champ. Il a pu correctement simuler le risque de verse à différents stades de la culture du tournesol pour des variétés de sensibilité à la verse différentes. Il semblerait que la plante de tournesol soit plus sensible à la verse racinaire qu'à la verse par pliure de la tige. La seconde communication visait une modélisation des effets de scénarios climatiques variés sur différents cultivars (*Exploring genotypic strategies for sunflower drought resistance by means of dynamic crop simulation model*; P. Casadebaig & P. Debaeke, France). Le stress hydrique est en effet un des facteurs limitants majeurs du rendement du tournesol en France et plus généralement en Europe. L'approche expérimentale connaît aussi des limites. Trois paramètres majeurs ressortent pour caractériser les variétés sur leur comportement vis-à-vis de la sécheresse :

- un critère phénologique : la précocité notamment la durée de la période début floraison – maturité physiologique ;
- un critère morphologique : l'indice foliaire à la floraison ;
- un critère physiologique : le taux de fermeture stomatique pour un niveau donné de contrainte hydrique.

Une « expérimentation virtuelle » a été menée sur 12 variétés virtuelles (caractérisées par les 3 critères cités précédemment), 4 lieux, 3 profondeurs de sol et 36 campagnes climatiques soient 5 184 modalités au total (432 modalités par variété). De cette simulation, il ressort que les variétés à fermeture stomatique précoce (les stomates se ferment dès le début d'une contrainte hydrique prolongée) obtiennent un meilleur rendement en conditions climatiques stressantes. Par rapport au comportement vis-à-vis de la sécheresse, ce dernier critère semble plus important que l'indice foliaire et la précocité. En conditions peu ou pas limitantes, les variétés tardives à fort indice foliaire à la floraison et à fermeture stomatique tardive obtiennent les meilleurs rendements. Ces trois critères pourraient donc compléter les outils existants de sélection et l'évaluation des variétés. Des essais au champ sont en cours pour conforter cette approche.

Une troisième étude présentait le modèle biophysique SUNFLO développé par l'équipe de SupAgro et de l'INRA Montpellier (*SUNFLO : A joint phenotypic and modelling approach to analyse and predict the difference in yield potential of sunflower genotypes*; J. Lecoœur, R. Poiré-Lassus, A. Christophe & L. Guillioni, France). Le modèle a été testé pour sa capacité à discriminer 26 génotypes de tournesol. Les plantes ont été caractérisées selon 4 groupes de critères : phénologie, architecture, photosynthèse (capacité d'interception de la lumière) et allocation de la biomasse. Le modèle a été construit pour intégrer des paramètres génétiques et pour

expliquer leur contribution relative dans l'explication de la variabilité des rendements. Le modèle biophysique a permis d'expliquer entre 80 et 90 % de la variabilité des rendements observés. Il a montré que différents parcours sont possibles pour atteindre un haut niveau de rendement. La prochaine étape va consister à comprendre le déterminisme génétique des différents critères étudiés.

### Qualité de la graine et nouveaux usages du tournesol

Avec à peine 11 contributions, les thèmes de la qualité de la graine et des produits issus du tournesol comme ceux de la transformation et des nouveaux usages ont été peu traités au cours de cette conférence. Si l'huile dans son ensemble, souvent abordée en lien avec des problématiques de sélection ou de détermination de la qualité de la graine, a fait l'objet de communications d'intérêt, le tourteau a brillé par son absence. De même, et malgré l'existence d'utilisations industrielles (biodiesel en Europe, chimie), quasiment tous les papiers mais aussi les sujets de discussion étaient résolument orientés vers les applications alimentaires, preuve que le tournesol reste avant tout cultivé dans le monde pour son huile et pour les marchés de la consommation humaine.

La session a été introduite par le docteur Rafael Garcès de l'Instituto de la Grasa de Séville (Espagne). Dans sa conférence intitulée « *Current advances in sunflower oil application* », l'orateur a recensé la diversité des profils d'acides gras obtenus par sélection chez le tournesol et les a mis en regard des applications potentielles qu'ils ouvraient pour l'huile, sans oublier le rôle des composés mineurs.

Il a ainsi tout d'abord rappelé que la composition en acides gras et leur position sur la chaîne de glycérol déterminent les propriétés physiques, chimiques et nutritionnelles d'une huile donnée. Ainsi, l'huile de tournesol classique contient principalement les acides linoléique et oléique, avec un contenu plus faible en acides palmitique et stéarique et de ce fait elle est bien adaptée à certains usages alimentaires (assaisonnement, cuisson à température modérée et confection de sauces, d'émulsions...). Il s'est ensuite fondé sur une revue bibliographique bien étayée pour mettre en évidence l'originalité des lignées à profil en acides gras modifié obtenues par des chercheurs essentiellement espagnols (équipe du CSIC de Cordoue). Ainsi à l'innovation fondatrice apportée par le mutant oléique de Soldatov (Russie, 1976), qui irrigua tant de programmes de sélection, succèdent des lignées encore peu exploitées commercialement à contenu élevé en stéarique (12 à 30 %), en palmitique (30 %) combinant ou

non une haute teneur en oléique. Les composants mineurs ont été aussi abordés avec la sélection de lignées pour des modifications de composition en tocophérols par des équipes américaines (Demurin, gamma-tocophérol majoritaire) ou espagnoles (Valasco, 2004, delta-tocophérol majoritaire).

L'intérêt de ces nouveaux profils d'huile de tournesol a été ensuite discuté essentiellement dans le cadre d'applications alimentaires. Déjà bien amorcé en Europe et aux Etats-Unis, l'élargissement des usages vers le domaine des fritures profondes devrait être renforcé avec les variétés à haute teneur en oléique idéalement associée à un haut contenu en  $\gamma$ -tocophérols. De même, des variétés de tournesol à haute teneur en stéarique et en oléique de type HSHO (point de figeage à 24°C) posséderaient les propriétés technologiques souhaitées pour la confection des margarines et des matières grasses destinées à la pâtisserie-vienniserie industrielle en remplacement de graisses animales, tropicales (profils de type myristique ou palmitique) ou/et hydrogénées à l'impact néfaste sur la santé. Ces huiles HSHO pourraient en outre être fractionnées à froid donnant une fraction oléine et une fraction stéarine, l'une et l'autre présentant l'avantage selon l'auteur et les références citées de n'avoir aucun effet hypercholestérolémiant et ce malgré la saturation de l'acide stéarique (Kelly *et al.*, 2001 ; Who, 2003 et Mensink, 2005).

Dans plusieurs communications orales faites au cours des workshops, l'existence de *variabilité génétique* et la recherche de séquences génétiques en lien avec des critères de *qualité* de l'huile ont été discutées.

Ainsi une première communication mettait en évidence une certaine variabilité pour la teneur en phytostérols, *composés mineurs* de l'huile aux effets santé reconnus (*Variability and genetic analysis of sterols content in sunflower seeds*, M. Alignan, J. Roche, F. Vear, P. Vincourt, A. Bouniols, M. Cerny, Z. Mouloungui & O. Merah, France) et faisait état de la détection de QTL dont un expliquant plus de 10 % de la variabilité.

Une deuxième communication, toujours française (*Estimation of breeding potentiel for tocopherols and phytosterols in sunflower*, A. Ayerdi-Gotor, M. Berger, F. Labalette, S Centis, J. Daydé & A Calmont) présentait les premiers résultats d'une étude de l'aptitude générale et spécifique à la combinaison. Elle suggérait que la variabilité au sein des lignées cultivées était plus restreinte pour les phytostérols (fort soumis à un effet année) que pour les tocophérols et que le contenu total en tocophérols était guidé par des effets additifs mais que des effets de dominance apparaissaient néanmoins pour les tocophérols ainsi que les stérols.

Un papier du CSIC de Cordoue reportait la possibilité de l'existence d'un gène modifiant la teneur en  $\gamma$ -tocophérol et engendrant une gamme de teneurs intermédiaires en  $\gamma$ -tocophérol (5 à 80 %) chez les descendances de croisements entre une lignée issue de mutagenèse à haute teneur en  $\gamma$ -tocophérol et une lignée classique (*A modifying gene affecting gamma-tocopherol content in sunflower*, M. Garcia-Moreno, JM Fernandez-Martinez, B Perez-Vich & L Velasco, Espagne). Ces trois papiers laissaient donc envisager la possibilité d'obtenir des progrès génétiques sur la teneur ou la composition en composés mineurs de l'huile par des programmes classiques de sélection.

Enfin, une communication revenait sur l'organisation de la mutation « Pervenets », source du *caractère haut oléique* aujourd'hui largement diffusé et expliquait la difficulté souvent rencontrée par les sélectionneurs pour stabiliser ce caractère (*The Pervenets mutation in sunflower knocks out the wild microsomal oleate desaturase gene and leads to high oleic acid content in the seed oil*, S Lacombe, I. Souyris, & A. Bervillé, France).

Les méthodes de *détermination de la qualité des graines* étaient abordées par trois publications. L'une pointait les différences en teneur en acide oléique au sein d'une graine entre l'extrémité de l'embryon et les cotylédons, qui doivent être prises en compte lors de l'utilisation de la technique « half-seed » ou analyse sur demi graine (*Homo and heterozygous longitudinal gradient of oleic content in sunflower seeds*, Y. Demurin, O. Borisenko & N Bochkarev, Russie).

Les deux autres montraient les perspectives ouvertes par la spectrométrie proche infrarouge pour déterminer la teneur en acides oléique et linoléique, technique d'ailleurs déjà employée par les sélectionneurs, et pour prédire les contenus en composants mineurs, même si dans ce dernier cas des travaux sont encore nécessaires pour améliorer la fiabilité des équations de calibration (*Caractérisation par infra-rouge des teneurs en acides gras de graine décortiquée de tournesol*, A. Ayerdi Gotor, P. Moreau, A Gaillard & A. Calmont et *Near infrared spectrometry (NIRS) prediction of minor components in sunflower seeds*, A. Ayerdi Gotor, M. Berger, F. Labalette, S Centis, J. Daydé & A Calmont, France). Le lien entre qualité et conditions de culture était traité par deux communications. L'une mettait en évidence des différences d'expression des critères de qualité selon les lieux de culture et établissait des corrélations entre des paramètres physiologiques et de qualité (teneur en  $\alpha$ -tocophérols et germination) (*Effect of the environment on the chemical composition and some other parameters of sunflower seed quality*, V Radic, S. Josic & J. Mrda, Serbie). L'autre relatait l'identification de marqueurs associés à des caractères de qualité de l'huile et de teneur en protéines exprimés dans des conditions de stress hydrique chez une population de mutants (*Genetic improvement of oil quality in sunflower mutants under water stressed conditions*, A. Ebrahimi, P Maury, M Berger, F Shariati, P Grieu & A Sarrafi, France).

Pour terminer, deux communications seulement ont été données sur l'utilisation du tour-



Figure 5. Vue générale de la plate-forme de Carmona (Photo : E. Mestries).

nesol. La première d'une équipe allemande, et liée au contexte germanique de soutien à la méthanisation à la ferme (200 000 ha de cultures énergétiques pour biogaz), identifiait des variétés de tournesol mieux adaptées à un usage biomasse et à même d'offrir des alternatives à la culture du maïs aujourd'hui privilégiée pour la production de biogaz (*Breeding of sunflower as a biogas substrate*, V. Hahn & M. Ganssmann). La dernière, assez isolée et en provenance du Japon, montrait que le tourteau de pression de tournesol pelletisé à une humidité initiale de 20-21 % pouvait être utilisé comme biocombustible en remplacement de granulés de bois (*Oilcake as a fuel alternative to wood pellets*, Y. Kobayashi, H. Kat & G. Kanai).

## Production et marchés du tournesol en Espagne et dans le monde

C'est un représentant du secteur privé semencier, Luis Carlo Alonso de Koipesol Semillas SA, qui a donné la conférence plénière consacrée à la situation du tournesol en Espagne, situation largement remplacée dans un contexte international. Avec environ 250 000 ha de tournesol soit 35 % de la surface espagnole 2008, l'Andalousie avait bien toute légitimité pour accueillir cette conférence dans un pays qui a longtemps pesé autour de 1 million d'hectares et plus (1983-1998). Après avoir passé en revue les grandes étapes du développement du tournesol en Espagne, intimement lié aux évolutions de la politique européenne de soutien agricole, l'orateur s'est attardé sur la période récente et les grandes tendances futures. Il a pointé le regain de compétitivité du tournesol par rapport aux céréales dans le contexte de prix des matières premières 2007-2008 et de hausse des intrants, en particulier des fertilisants. Pour lui, l'augmentation de la demande en huile pour la consommation humaine comme pour le biodiesel allait maintenir un contexte favorable au tournesol pour la campagne 2008-2009. Plus globalement, il considérait que pour l'avenir, et malgré une limite physique inéluctable des quantités de biocarburants issus d'oléagineux, l'existence durable de ce débouché biodiesel lié au prix du pétrole ne pouvait que protéger le marché des huiles de baisses de prix importantes. Il expliquait ensuite que pour des raisons d'ordre nutritionnel et réglementaire (limitation des acides gras *trans*), l'expansion observée des surfaces en tournesol oléique en Europe de l'Ouest (environ 26 % des surfaces totales selon lui) et aux Etats-Unis (mid-oléique essentiellement, sur 96 % des surfaces) allait se poursuivre, bien que ralentie par un relatif moindre accès aux innovations des types oléiques que ce soit pour les résistances aux herbicides ou aux agresseurs (orobanche par exem-



Figure 6. Une partie de la délégation française (Photo : P. Jouffret).

ple). Il terminait d'ailleurs son propos en présageant que très vite la plupart des surfaces seraient implantées en hybrides de tournesol tolérants aux herbicides que ce soit avec l'un ou l'autre des systèmes actuellement commercialisés (Express et Clearfield). Il en donnait pour preuve l'extension très rapide observée dans les pays où le système était autorisé tels que la Turquie où en trois-quatre ans un quart des surfaces étaient concernées et la Bulgarie avec près de 33 % des surfaces en 2008. Cinq communications sont venues compléter, au cours des workshops, cette thématique de l'économie de la production. Une première, bien documentée, présentait l'étude de résultats obtenus entre 1987 et 2007 dans trois sites de production traditionnels en

Andalousie (*Veinte anos de ensayos de girasol en Andalucía : evolución del rendimiento de semilla y riqueza grasa*, JR Garcia Ruiz, J Dominguez Gimenez, & J Garcia Lopez, Espagne) montrant une tendance à la diminution des rendements et de la teneur en huile dans deux des trois lieux. Il s'agit des deux sites où sévit l'orobanche et la sélection aurait porté sur la résistance à ce parasite, au détriment, selon l'auteur, de la productivité. Trois autres communications décrivaient les grandes caractéristiques de l'économie du tournesol dans les pays du pourtour de la mer Noire, 1<sup>er</sup> pôle de production dans le monde, et plus particulièrement en Turquie, 1<sup>er</sup> importateur mondial de graines de tournesol après l'UE (*The situation and the future directions of sunflower production in the*



Figure 7. Remise du Pustovoit Award, Cordoba, 10 juin 2008. De gauche à droite : Dr. Ferenc Viranyi, Hungary ; Dr. Viktor Burlov, Ukraine ; Dr. Jerry Miller, USA ; Dr. Antonio Hall, Argentina ; Dr. Luka Cuk, France. Derrière : Dr. Juan Dominguez, Président de l'ISA & et du Comité d'organisation de la Conférence ; et à droite : André Pouzet, Secrétaire de l'ISA. Photo Lot.

*Black sea region*, Y. Kaya, V. Kaya, M. Kaya & I. Sahin, Turquie). Elles mettaient en évidence les ambitions d'exportation de cette zone grâce à des capacités de trituration en augmentation ainsi que la probable conversion oléique d'une partie des surfaces aujourd'hui exclusivement cultivées en type classique, à la fois pour des raisons de santé publique et de demande à venir intérieure en biodiesel (*The future potential of oleic type sunflower in Turkey*, Y. Kaya, V. Kaya, M. Kaya, I. Sahin, G. Evcı & N. Citak ; *Oil type sunflower production in Turkey*, Y. Kaya, V. Kaya, M. Kaya, I. Sahi & G. Evcı). Enfin, un chercheur de l'Embrapa nous amenait au Brésil où il avait mené des travaux de prospective et d'enquête auprès des principaux acteurs du marché. Il en résultait que les surfaces (actuellement autour de 110 000 ha) allaient augmenter dans les cinq ans pour s'intégrer en seconde culture dans les rotations soja afin de

servir un marché intérieur tiré à la fois par la consommation humaine et la production de biodiesel, l'usage final à privilégier, alimentaire ou non, faisant encore débat (*Expansion of sunflower production in Brazil: a survey of future trends*, NP. Ramos, CC. De A. Buschinelli, A Luchiari Junior & A M. Moreno Pires).

Enfin, le 12 juin, le « *post-conference tour* » a été l'occasion de visiter les essais menés par la station expérimentale de Red Andaluza située à Carmona, près de Séville (*figures 5 et 6*). En plus de la plate-forme regroupant des variétés provenant de différents pays (Espagne, Argentine, Russie, Inde, Serbie, Bulgarie et Roumanie) implantée spécialement pour le Congrès, la station avait également mis en place des essais d'évaluation de la résistance d'hybrides au mildiou et à l'orobanche en attaques naturelles, des essais variétaux ainsi qu'une

démonstration des solutions de désherbage Clearfield par BASF.

## En route vers la 18<sup>e</sup> conférence

Cette conférence, enrichissante (*figure 7*) à la fois par le contenu technique et scientifique ainsi que par les nombreux échanges informels, s'est achevée avec l'annonce de la 18<sup>e</sup> édition par Carlos Feoli de l'association argentine du tournesol (ASAGADIR). Le prochain rendez-vous est donné en mars 2012 en Argentine, grand pays producteur de tournesol, de plus en plus sensible à la segmentation du marché, notamment en relation avec les caractéristiques nutritionnelles et technologiques mises à disposition au travers de l'offre variétale. ■