

Aspects de la recherche mondiale sur le tournesol

Compte-rendu de la seizième Conférence internationale sur le tournesol : Fargo (USA), 2004

Pierre JOUFFRET¹
 Françoise LABALETTE²
 Vincent LECOMTE¹
 Annette PENAUD³
 André POUZET⁴
 Lionel QUÉRÉ³

¹ CETIOM, Zone Sud, Station Inter-Instituts,
 6, chemin de Côte Vieille,
 31450 Baziège

jouffret@cetiom.fr

² ONIDOL, Paris

³ CETIOM, Grignon

⁴ CETIOM, Paris

Abstract: The 16th International Sunflower Conference was held from August 29th to September 2nd, 2004 in Fargo, North Dakota, USA. 250 participants were present and 25 countries were represented. The leaders of the world's main research programs on sunflower were in Fargo. Consequently, it is possible to sum up the principal orientations of world research on sunflower at present. Concerning disease resistance and pathology, downy mildew and sclerotinia are the main studied topics. Only few studies are carried out on other diseases. The main subject treated in weed control is the selection and efficiency of sunflower varieties with resistance to imidazoline herbicides, to control broomrape and other weeds. For crop production and physiology, the main programs are led by Argentina (interesting study about productivity and high densities) and France (Heliotest: a decision support system for nitrogen fertilization). Concerning breeding and genetics, a lot of studies were presented and confirmed a great improvement in the characterization of the genome of sunflower and other compositae. The helianthus wild species germplasm collection which is held in Ames (Iowa) was presented and described. Concerning oil composition, tocopherols and high oleic appeared as the main topics.

Key words: sunflower, international sunflower conference, mildew, heliotest, imidazoline, tocopherols



La 16^e Conférence internationale sur le tournesol s'est déroulée à Fargo (États-Unis, Nord Dakota) du 29 août au 2 septembre 2004. Bien que deux fois moins nombreuse qu'à Toulouse (2000), l'assistance a néanmoins permis de réunir les principaux responsables des programmes de recherche sur le tournesol dans le monde.

Ce bref compte rendu présentera successivement :

- la situation du tournesol aux États-Unis ;
- la synthèse des six conférences plénières ;
- les points marquants des douze ateliers ;
- les principaux rendez-vous internationaux à venir concernant le tournesol¹.

¹ Les « Proceedings » seront disponibles à la documentation du Cétiom.

Le tournesol aux États-Unis

Régulièrement décroissante, la sole tournesol est passée depuis deux ans sous le seuil du million d'hectares aux États-Unis.

Au Nord-Dakota, là où les sols sont les plus riches, comme la Red River Valley, le tournesol est ainsi progressivement remplacé par le soja et le maïs. La pluviométrie estivale abondante mais aussi l'usage de variétés résistantes au Roundup semble être à l'origine du développement du soja dans ces milieux à potentiel élevé.

Cette tendance limitant la culture à des conditions pédoclimatiques difficiles, répondant peu à l'intensification des intrants, n'est pas spécifique au Nord-Dakota : on la retrouve au Dakota du Sud, en Argentine et pour partie au moins en France. Elle permet aussi son développement dans les régions où les intrants sont peu disponibles. Ceci explique que finalement de

nombreux pays du monde pratiquent cette culture et que 25 d'entre eux, malgré un nombre relativement restreint de participants, aient été représentés à cette conférence.

Le colloque fut ainsi le cadre d'échanges et de discussions parfois animées autour de présentations le plus souvent bien articulées. Six conférences plénières et douze ateliers avaient été mis en place par le Comité d'organisation. Ce type d'organisation devient le modèle dominant des conférences internationales.

Les conférences plénières

Six thèmes ont été retenus :

- la qualité de l'huile,
- la résistance durable aux principales maladies,
- la prospection des espèces sauvages,
- la génomique du tournesol,

– les avancées dans la physiologie du tournesol,
– la situation mondiale et développement futur des marchés du tournesol.

• *La qualité des huiles. Progrès pour les modifications génétiques de la qualité de l'huile de tournesol* (J. Fernandez-Martinez – CSIC, Cordoue, Espagne).

L'étude du déterminisme génétique de certains caractères (par exemple, la teneur en acide oléique) intègre désormais la prise en compte de l'interaction entre caractères.

J. Fernandez-Martinez a ainsi montré l'impossibilité d'obtenir à la fois des teneurs élevées en palmitique et en stéarique, ou des teneurs élevées en oléique et en stéarique, alors qu'il est possible d'élever simultanément les teneurs en oléique et en palmitique.

L'étude des tocophérols laisse entrevoir la possibilité de remplacer l'alphatocophérol dominant, par du bêta-, du gamma- ou même du delta-tocophérol, au pouvoir antioxydant supérieur. Les gènes gouvernant leur synthèse semblent indépendants de ceux contrôlant les acides gras, ce qui devrait faciliter la sélection simultanée pour ces deux caractères.

La question de l'impact de l'environnement sur la composition en acides gras n'a pas été abordée.

À noter l'obtention d'une lignée à moins de 6 % d'acides saturés 16 :0 et 18 :0 (présents à hauteur de 10 % dans les variétés standard).

• *Les résistances aux maladies. Sélection pour la résistance durable aux principales maladies du tournesol* (F. Vear – INRA, Clermont-Ferrand, France).

Felicity Vear a présenté un état des lieux tel qu'il ressort des publications dans les congrès internationaux.

Sclerotinia et mildiou sont les principaux parasites étudiés, et l'orobanche prend le pas sur le phomopsis. Si le sclerotinia est étudié un peu partout, le mildiou tend à devenir une exclusivité française, en raison des efforts entrepris pour mettre au point des solutions durables d'une gestion des résistances (les résistances monogéniques étant massivement contournées au bout de six ans environ après les premières détections). Pour F. Vear, l'empilement des résistances paraît la meilleure solution, à condition qu'elle soit « soutenue » par une résistance quantitative, qui a été repérée mais qui n'est pas encore suffisamment maîtrisée pour être intégrée dès maintenant dans des programmes de sélection.

La résistance du tournesol aux herbicides tels que l'imidazolinone apporte une solution efficace au problème de l'orobanche, mais le risque de contournement n'est pas nul si cette solution se développe pour le contrôle du parasite.

• *La prospection des espèces sauvages. Prospection des espèces d'Helianthus en Amérique du Nord : challenges et opportunités pour la recherche de richesses* (G. Seiler et T. Gulya, USDA Fargo, États-Unis).

L'exposé de G. Seiler et T. Gulya sur la prospection des espèces sauvages de tournesol en Amérique du Nord a surtout porté sur des questions de méthodologie.

L'intérêt économique des espèces sauvages est indéniable : la stérilité mâle cytoplasmique PET1, utilisée pour la fabrication d'hybrides vient de *H. petiolaris*, et que des sources de résistance au mildiou, à la rouille, à l'orobanche, au sclerotinia et aux insectes ont été ainsi transférées au tournesol cultivé à partir d'espèces sauvages.

La collection, initiée en 1947 par C. Heiser, de l'université d'Indiana, est aujourd'hui conservée et gérée à Ames (Iowa) et comprend 2 163 entrées (hors *H. annuus* cultivés) dont les 2/3 sont des espèces annuelles. Des échantillons ont servi de bases aux collections gérées en France (comprenant 45 des 50 espèces sauvages), en Serbie-Monténégro (39 des 50 espèces sauvages) et en Bulgarie (37 des 50 espèces sauvages).

T. Gulya et G. Seiler ont insisté sur le fait que certaines populations d'espèces sauvages ont disparu et que des prospections nouvelles sont toujours nécessaires pour identifier de nouvelles espèces et élargir la variabilité génétique des populations de certaines espèces de la collection : sur les 65 taxons (espèces et sous-espèces) identifiés, on considère que la disponibilité est suffisante pour seulement 37 d'entre elles (pour lesquelles on dispose de plus de 2 000 graines en collection). Soit un travail de dix ans d'après les auteurs !

• *La génomique et la base de données génomique. Génomique du tournesol et base de données sur la génomique des Compositae* (S. Knapp – University of Georgia, États-Unis).

La caractérisation du génome du tournesol et d'autres *compositae* a bien progressé au cours des dernières années.

Deux points sont à souligner :

– La caractérisation des phénotypes, indispensable pour la compréhension des fonctions des gènes, ne progresse pas aussi vite que la connaissance du génome. Par contre, les équipes sont plus favorablement disposées à approfondir les problématiques pour lesquelles la caractérisation du phénotype est simple (par exemple la composition en acides gras ou les teneurs en tocophérols) que celles pour lesquelles cette caractérisation est difficile (résistance aux maladies, mais aussi teneur en huile, etc.).

– Deux cartes génétiques sont utilisées par la communauté des chercheurs : celle de S. Knapp (Oregon State University) et celle de L.

Gentzbittel (Cartisol – Université de Clermont-Ferrand).

Nombreux sont ceux qui ont souhaité une « fusion » de ces outils. Selon des sources autorisées, cette mise en commun pourrait arriver en 2005, les moyens restant à déterminer.

• *Physiologie du tournesol. Avancées dans la physiologie du tournesol* (A. Hall – CONICET – Faculté d'agronomie, Buenos Aires, Argentine)

Le groupe d'écophysiologistes argentins est probablement aujourd'hui le plus performant et le plus actif (l'Australie et la France semblant moins impliquées).

La présentation de A. Hall, particulièrement appréciée des agronomes et écophysiologistes, a porté sur l'effet du rayonnement, de la température et de leurs interactions sur le nombre de graines par unité de surface.

Contrairement à d'autres espèces, notamment le blé ou le maïs, le nombre de graines pour le tournesol se détermine pendant une période longue (de l'initiation à la floraison) et des compensations sont possibles. Par exemple, des températures basses à l'initiation augmentent le nombre d'ébauches florales, mais leur viabilité diminue. La prise en compte du taux de croissance de la plante permet de mieux expliquer les variations du nombre de graines sous l'influence de la température et du rayonnement, confirmant ainsi l'hypothèse dominante selon laquelle c'est la source (les assimilats disponibles) et non les puits (nombre de graines potentiel) qui serait le facteur limitant pour le rendement.

De même, pour le poids moyen des graines, si la durée (ou le taux) de croissance des graines rend bien compte du poids final, la modélisation de l'effet de la température n'est pas encore bien établie. Pour progresser, la prise en compte de différents compartiments tels que l'amande et la coque présentant des dynamiques de croissance différentes serait nécessaire.

Enfin, pour la teneur en huile, il convient aussi de distinguer le ratio amande/coque et d'étudier la teneur en huile de l'amande.

En conclusion, A. Hall a dégagé plusieurs approches visant les mécanismes écophysiologiques à étudier en priorité :

– la modélisation 3D pour évaluer la pertinence *a priori* de certaines hypothèses ;
– l'analyse rétrospective des changements dans les caractéristiques des variétés cultivées au cours des vingt dernières années (par exemple : durée du cycle préfloraison ; ratio tiges/feuilles ; indice de récolte ; teneur en huile) ;
– l'analyse des interactions génotypes/environnement.

• *L'économie du tournesol. Situation mondiale et développement futur des marchés du tournesol* (L. Kleingartner – NSA, Bismarck, États-Unis)

Au-delà des données statistiques sur la baisse progressive de la part du tournesol dans la production de graines oléagineuses, en surface et en rendement, cette présentation du directeur de la *National Sunflower Association* a permis de mieux comprendre le positionnement du tournesol aux États-Unis.

Ces dernières années, la destination du tournesol nord-américain s'est en effet complètement inversée : exportée à près de 70 % il y a cinq ans, la production est aujourd'hui absorbée à plus de 75 % par le marché intérieur. De mondial le marché du tournesol est ainsi devenu régional pour les producteurs du Nord-Dakota. Ce retournement s'explique essentiellement par le coût de transport (la graine de tournesol est de faible densité) et le développement du tournesol « mid-oléique » bien valorisé sur le marché nord-américain.

Le fait que le prix de la graine soit presque entièrement tiré par celui de l'huile est l'autre aspect déterminant. La stratégie qui en découle et visant à se démarquer de l'huile de soja, quasiment perçue aux États-Unis comme un sous-produit des tourteaux, conduit sur le plan de la recherche et de la sélection à encourager la diminution des saturés et l'augmentation de l'oléique (la production de biocarburants à partir de l'huile de tournesol n'étant pas une priorité, les producteurs de soja s'étant emparés du créneau).

L'amélioration de la compétitivité demeurant une condition essentielle, le recours aux OGM n'est pas proscrit, sur le moyen terme, aux États-Unis.

Les ateliers

Composition de l'huile, nouvelles utilisations et valeur ajoutée

Dans un contexte à forte connotation scientifique et semencière, principalement orientée vers la génétique, la physiologie et la pathologie, les communications touchant aux procédés de transformation, à l'utilisation des huiles et tourteaux et aux marchés étaient minoritaires. Un workshop leur était néanmoins consacré.

Dix-sept interventions en constituaient le menu, quelque peu hétérogène.

Composition des graines

– Protéines. Deux interventions sur les protéines ont mis en évidence l'une (Anisimova *et al.*, vol II, 767-772 ; VIR et VIZR, Russie), une variabilité génétique des teneurs en protéines riches en méthionine (intérêt pour l'alimentation animale), l'autre (Liu *et al.*, vol II, 773-778 ; Institut botanique de Pékin, Chine) deux protéines jouant un rôle protecteur lors du vieillissement de la graine et donc de l'évolution de la qualité germinative.

– Génotypes oléiques. L'équipe de Krasnodar (Demurin *et al.*, vol II, 779-782, Russie) a conforté l'hypothèse de mécanismes de régulation de gènes graine-spécifiques dans le déterminisme, assez complexe, de ce caractère et une équipe de l'INRA (Roche *et al.* vol II, 783-791, Centre de Toulouse) a présenté des résultats d'études agrophysiologiques sur les effets et interactions génotypes milieu (effet du stress hydrique, des températures moyennes au-dessus de 20 °C) sur les compositions en acides gras de variétés conventionnelles et oléiques.

– Les tocophérols. Ils ont fait l'objet de deux communications. L'équipe du CSIC (Velasco *et al.* vol II, 793-798 ; Cordoue, Espagne) a confirmé, après les travaux de Demurin (Krasnodar, Russie), l'existence de variants naturels et de mutants portant sur la composition et la teneur en tocophérols avec des sources à très haute teneur en gamma tocophérols (près de 90 %) et en delta-tocophérols (jusqu'à plus de 70 %) et bêta-tocophérols (jusqu'à plus de 60 %), alors que l'alphatocophérol (vitamine E) constitue habituellement la forme majoritaire (à 94 %). Une équipe issue du partenariat français autour de semenciers (ASEDIS-SO), de l'ESAP et de l'ONIDOL (France) a mis en évidence le fort effet du milieu, et dans une moindre mesure du génotype, sur la teneur totale et la composition en tocophérols et a présenté les premiers résultats des cinétiques d'accumulation, aujourd'hui mal connues, de ces composés au cours de la phase reproductive (pas de texte fourni dans les actes). Par ailleurs, la recherche de marqueurs des diverses formes de tocophérols est engagée par plusieurs équipes. Plus largement, en termes de composition, le vent soufflait assez fort lors de la conférence en faveur du tournesol haut oléique avec des acteurs annonçant en 2005 une accélération de la demande tirée par des préoccupations nutritionnelles (réduction des acides gras trans, substitution d'huiles hydrogénées), notamment en provenance du continent nord-américain. Dans une représentation idéale des variétés oléiques, les semenciers et instituts (par exemple, l'Institut des grandes cultures et des cultures légumières, Novi Sad) les associent volontiers avec une teneur augmentée en tocophérols permettant d'obtenir des huiles « encore meilleures pour la santé » aux propriétés antioxydantes renforcées.

Nouvelles utilisations et procédés

Trois communications du laboratoire de l'École de chimie de Toulouse, France (Geneau *et al.* vol II, 799-804, Kartika *et al.* vol II, 805-810 et 811-816) ont concerné la technologie d'extrusion par bivis soit du tourteau, en vue de la fabrication d'agromatériaux (par injection moulage), soit des graines dans le but

d'extraire l'huile en une étape. Les conditions opératoires semblent toutefois devoir encore être améliorées pour fournir des produits aux caractéristiques compatibles avec les exigences du marché.

Pajin et Jovanovic (vol II, 841-846) de l'Université et Institut des grandes cultures et cultures légumières de Novis Sad (Serbie Monténégro) ont présenté des tests prometteurs sur l'enrobage sucré des graines de tournesol de bouche pour leur incorporation dans les barres céréalières ou les muesli.

Une équipe CETIOM et ADEME (Queré, Reau et Poitrat ; vol II, 847-852 ; France) a restitué les résultats des bilans énergétiques (efficacité de 3,16) et gaz à effet de serre (réduction des émissions de 2,64 t eq CO₂/t de biocarburant) obtenus avec l'ester méthylique de tournesol comme biocarburant.

Conditions de développement de la culture

Les représentants turcs (Kaya, vol II, 817-822 ; Trakya Agricultural Research Institute) et chinois (Zhuang, vol II, 823-826 ; National Seed Group Corporation) ont passé en revue les besoins de leur marché, notamment en termes de variétés et de semences. Ils ont souligné l'importance du tournesol de bouche (*confectionary types* consommés en direct comme snacks) dans leur sole nationale, avec plus de 12 % des surfaces en Turquie et 60 % pour la Chine (pour mémoire, 80 % des surfaces au Canada et 25 % aux États-Unis sont aussi cultivées avec des *confectionary types*).

Des équipes australiennes (Seraphin et Belfield, vol II, 827-833 ; New South Wales Agriculture) et yougoslaves (Bosnjak et Rodic, vol II, 835-840 ; Faculté d'agriculture de Novi Sad) ont tenté d'analyser les causes du déclin et les freins à l'expansion du tournesol dans leurs zones, sous les angles agronomiques et surtout économiques (coûts de production, investissement dans le développement, comportement et demandes de l'industrie). Elles ont mis toutes deux en évidence la baisse de compétitivité relative de la culture dans les rotations locales et les effets déplétifs d'un marché mondial finalement modeste et pas assez rémunérateur.

Pathologie et résistance aux maladies

Mildiou

V. Molinero-Demilly a présenté ses travaux sur l'optimisation du test d'évaluation de la résistance sur plantules (vol I, 99-104) : la concentration de l'inoculum, la longueur de la radicule et l'humidité de la chambre de culture pendant la phase d'incubation pouvant entraîner des différences de sporulation sur les cotylédons et rendre difficile la caractérisation résistance/sensibilité de certaines variétés résistantes.

D. Tourvieille a exposé les axes d'une stratégie de gestion durable des résistances spécifiques

(vol I, 111-115) et montré que les virulences d'une population de *P. halstedii* race 100 et 710 évoluent rapidement dans les différents cas de pyramidage des gènes *Pl* dans un seul génotype : aucune nouvelle virulence n'est décelée après trois cycles de « culture » des gènes en alternance ou en mélange.

La mise en évidence dans une importante série de génotypes de *H. annuus* cultivés d'une large gamme de comportements au mildiou indépendamment du pathotype et en l'absence de gène de résistance spécifique *Pl* efficace, suggère l'existence d'une résistance partielle qui pourrait être utile en complément de la résistance spécifique apportée par les gènes *Pl* (Tourvieille *et al.*, vol I, 105-110).

Deux communications présentées par des équipes hongroises ont rendu compte : l'une, d'une tentative de caractériser les populations de *P. halstedii* grâce au polymorphisme de deux isoenzymes GPI (glucose 6 phosphate isomérase) et PGM (phosphoglucose mutase) ; cependant l'outil n'est pas race-spécifique. À noter que la race 717 a été isolée non pas sur tournesol mais sur *Xanthium strumarium* (H. Komjati *et al.*, vol I, 93-97) ; l'autre d'un niveau de résistance induit par un stimulateur de défense, Bion 50 WG. Ce traitement appliqué sur semences permet de réduire significativement la sporulation sur cotylédons et le nombre de plantes qui disparaissent par fonte de semis (R. Ban *et al.*, vol I, 89-92).

Sclerotinia

L'INRA de Clermont-Ferrand a présenté sa méthode de contamination des capitules par ascospores (F. Serre *et al.*, vol I, 129-133) et des résultats montrant qu'il n'y a pas d'interactions entre génotypes et isolats indiquant qu'il s'agit bien de résistance quantitative (F. Vear *et al.*, vol I, 135-140).

Si l'INRA note la fréquence de capitules atteints et un indice de latence, l'USDA associe au pourcentage de capitules atteints une note de gravité d'attaque en termes de surface attaquée. De plus, l'usage d'une brumisation en pépinière a permis d'améliorer la contamination même si l'évaluation de nouveaux hybrides n'est pas totalement satisfaisante au regard de la précocité du matériel (B. Henson *et al.*, vol I, 141-145).

Phomopsis

Les effets de quelques pratiques culturales sur la pression maladie ont été étudiés par P. Debaeke *et al.* (vol I, 117-123) qui a montré que les taches encercleuses sont maximales pour un apport d'azote élevé et que davantage de feuilles sont atteintes sans fertilisation azotée. Une augmentation de l'incidence de taches encercleuses est également constatée avec l'augmentation de la densité.

Des travaux russes (Terekhov *et al.*, vol I, 125-128) confirment le rôle des ascospores dans la contamination aérienne du tournesol.

Fusarium

En Russie, deux espèces de *Fusarium* ont été identifiées comme responsables de symptômes de réduction de la hauteur des plantes et du diamètre des capitules et qui affectent le rendement, le poids de mille grains et la teneur en huile des plantes sensibles (T. Antonova *et al.*, vol I, 79-83). Il s'agit de *F. oxysporum* var *orthoceras* et *F. sporotrichiella* var *sporotrichioides*. Bien que moins répandue, cette dernière espèce se montre la plus agressive et de plus est toxique pour l'homme et les animaux. L'injection d'une suspension de ses spores dans l'hypocotyle conduit à l'expression en bas de tige d'une nécrose circulaire noire ressemblant à notre « phoma » bas de tige ! Des différences de rendement observées chez de nombreux génotypes suggèrent l'existence de résistance. Une sélection est d'ailleurs entreprise avec la mise au point d'un test de contamination au labo au stade plantule et d'un test au champ en contamination artificielle du sol. La combinaison de ces deux tests va permettre d'augmenter la sélection d'individus résistants au *Fusarium* (Goncharov *et al.*, vol I, 85-88).

Verticillium

En Argentine, la plupart des hybrides commerciaux sont résistants au *Verticillium dahliae*. Cependant quelques plantes malades dans des matériels classés comme parfaitement résistants sont parfois observées. À partir de telles plantes, il est mis en évidence l'existence de deux races de *V. dahliae*, VArg1 et Varg2, qui se révèlent différentes de la race américaine à laquelle elles ont été comparées (Galella *et al.*, vol I, 177-80).

Alternaria

L'alternaria demeure une préoccupation des Australiens qui cherchent à préciser l'héritabilité de la résistance dans les combinaisons hybrides. La résistance des hybrides F1 est généralement supérieure à celle estimée d'après les lignées parentales. Les lignées de restauration exprimeraient une forte dominance pour les gènes contrôlant la résistance à l'alternaria (Kong *et al.*, vol I, 147-153).

Rhizopus

Une attaque de grande ampleur de rhizopus a eu lieu en 2003 dans la province de Vojvodine (Serbie-Monténégro). Suite aux dégâts totaux inhabituels d'un ravageur du coton *Helicoverpa armigera*, *R. stolonifer* s'est développé, entraînant la pourriture des capitules (S. Masić *et al.*, vol I, 159-163).

Espèces sauvages et ressources génétiques

Une équipe bulgare a évalué des lignées et hybrides interspécifiques et intergénériques vis-à-vis du sclerotinia en contamination artificielle (technique de la paille) au champ, et obtenu du matériel présentant des niveaux de résistances plus élevés comme par exemple quatre croisements interspécifiques *H. annuus* cultivé × *H. argophyllum* ou encore des croisements intergénériques *H. annuus* × *Tithenia rotundifolia* ou *H. annuus* × *Inula helenium*... Mais les formes étant loin d'être génétiquement homogènes, les résultats d'évaluation au champ présentent beaucoup de variabilité (M. Christov, vol II, 693-7).

Plusieurs méthodes de contamination artificielle ont été expérimentées pour évaluer le comportement 96 populations américaines de deux espèces sauvages *H. maximiliani* et *H. nuttallii* face aux attaques de sclerotinia capitule et tige. Les meilleurs résultats ont été obtenus avec un apport d'inoculum sous forme de graines de millet contaminées par du sclerotinia, broyées et dispersées à trois reprises à deux semaines d'intervalle sur les plantes qui sont ensuite recouvertes de sacs papier. Dans ces conditions, quinze populations ne montrent aucun symptôme (K. Rashid et Seiler, vol II, 751-4).

Une nouvelle source de CMS (stérilité mâle cytoplasmique), différente de PET1, a été obtenue à partir de *H. giganteus*. Des gènes de restauration de fertilité ont été identifiés chez les *Helianthus* pérennes. L'obtention d'amphiploïdes interspécifiques peut contribuer au transfert des gènes d'intérêt (C. Jan, vol II, 709-12).

Dans un croisement interspécifique *H. californicus* (CA47) × lignée HA89, l'étude de la F1 obtenue après culture embryonnaire a conduit à la mise en évidence d'anomalies dans les divisions méiotiques, donnant des dyades ou triades au lieu des tétrades attendues et phénotypiquement de gros grains de pollen. Ces observations suggèrent un contrôle génétique de la production des gamètes non réduits. De tels gènes présentent un énorme intérêt pour la production d'amphiploïdes et l'utilisation d'espèces d'*Helianthus* pérennes diploïdes et tétraploïdes en amélioration du tournesol (C. Jan *et al.*, vol II, 713-719).

Enfin, une collection de ressources génétiques d'*Helianthus* est en cours de constitution au Northern Central Regional Plant Introduction Station de Ames dans l'Iowa. Cette collection représente quelque 3 860 accessions (y compris les différentes variétés cultivées) appartenant à 47 espèces d'*Helianthus*. Cette station a en charge le maintien et la caractérisation de la collection vis-à-vis notamment des maladies comme l'alternaria et le septoria. Parmi la col-

lection de *H. annuus* sauvages et cultivés, près de 90 % des semences sont disponibles et peuvent être fournies gratuitement à tout demandeur pour des fins de recherche et d'amélioration du tournesol (Marek *et al.*, vol II, 761-5).

Agronomie – Fertilisation

Sur les huit interventions prévues, seule l'intervention du CETIOM sur la mise au point d'Heliotest a été présentée : de nombreuses questions ont été posées sur le sujet (efficacité en zones sèches où la sécheresse risque de rendre l'application tardive d'azote inefficace, risque de brûlures, forme d'azote à préférer...). Il ressort clairement que la fertilisation azotée n'est pas une grande préoccupation dans les autres pays, ce qui est relativement logique vu les niveaux de rendement obtenus en général, la plupart du temps inférieurs à 2 t/ha (y compris aux États-Unis).

Agronomie – Management

- Amélioration de la teneur en huile dans un bassin de production et conséquences : Il s'agit de l'étude menée par le CETIOM et l'INA (M. Lebail) en Poitou-Charentes (Oléoscope 76). À noter qu'en Argentine le tournesol serait payé aux producteurs selon la teneur en huile à raison de 2 % de bonus de prix pour 1 point d'huile en plus. Cette politique aurait entraîné une évolution forte des variétés choisies et une augmentation spectaculaire de la teneur en huile moyenne de la production.
- Dessiccation des variétés stay-green en comparaison aux variétés classiques (NDSU Fargo). La dessiccation est une préoccupation aux États-Unis où le climat conduit certaines années à utiliser cette technique. Il y aurait en moyenne de l'ordre de 15 % des tournesols défoliés chaque année au Nord-Dakota. En moyenne dans cet État, les semis s'effectuent fin mai et la récolte a lieu mi-octobre à la fin octobre.

Une comparaison entre tournesols conventionnels et stay-green était effectuée avec une dessiccation au paraquat à un stade de 50 % d'humidité des graines. L'expérimentation conclut que les graines de tournesols dessèchent aussi vite sur des tournesols conventionnels que sur des stay-green. Mais, quand l'humidité du grain atteint 15 % (18 jours après l'application) sur les deux types variétaux, le réceptacle du capitule et la tige sont nettement plus humides sur les stay-green. Le réceptacle est alors à 38 % d'humidité sur le conventionnel (donc, tout juste récoltable) et à 55 % sur le stay-green, ce qui retarde la possibilité d'une récolte sans pertes de 5 à 8 jours.

- Effet de la date de dessiccation sur la germination des semences (Novi-Sad).

Des comparaisons de dessiccation d'hybrides à différents stades (7, 14, 21, 28 jours après flo-

raison, et, témoin non traité au Réglone®) montrent que les applications 7 jours après floraison (humidité graines de 65 %) conduisent aux plus bas taux de germination des semences (86 %) alors que les applications 21 jours après floraison (humidité des graines de 44 %) conduisent aux taux les plus hauts (91 %).

- Variabilité intraspécifique du tournesol à l'égard de la densité (Faculté d'agronomie de Buenos Aires) : l'équipe argentine a montré (Pereira *et al.* : 2003) qu'une voie pour obtenir des hauts rendements de tournesol serait d'utiliser de hautes densités de peuplement (par exemple : 140 000 plantes/ha) en l'absence bien sûr de verse et de maladie.

Le travail présenté est un travail exploratoire en vue de permettre une sélection sur des variétés résistantes aux HPD (*High Population Density*). C'est une étude d'évaluation de la variabilité intraspécifique sur la résistance des hybrides à des hautes densités : les valeurs et les liaisons entre différentes variables sont étudiées (hauteur à bouton floral, à floraison, longueur 4^e internœud, inclinaison des tiges, nombre de graines par plante, indice de récolte, rendement...) sur différents hybrides cultivés en Argentine. L'étude montre une certaine variabilité intraspécifique sur les relations entre ces caractères.

- Observatoires régionaux pour le diagnostic des facteurs limitants du rendement (CETIOM). La méthode et les principaux résultats obtenus sur les observatoires CETIOM en 2003 ont été présentés.

Génétique et sélection

La première séance, animée par F. Stoienescu (Roumanie) et A. Scott (Australie), a été marquée par la présentation de nombreux travaux menés à l'Institut de Novi-Sad. Il a généralisé l'analyse *path coefficient analysis* qui permet de distinguer les effets directs des effets indirects des composantes du rendement et d'identifier celles à retenir comme critères de sélection. C'est ainsi que parmi six caractères morpho-physiologiques, l'analyse indique que la hauteur de la plante, la surface foliaire totale de la plante et la longueur du pétiole sont les caractères les plus importants pour le rendement en grains par plante (Haldni *et al.*, vol II, 491-5). La même analyse sur les composantes du rendement du capitule montre que la teneur en huile a un effet direct hautement significatif sur le poids de 1 000 graines alors que la teneur en protéines montre au contraire un effet direct négatif hautement significatif (Joksimovic *et al.*, vol II, 525-30). Enfin, de l'étude de huit caractères biologiques et de leurs corrélations sur le rendement en grains, il ressort que seuls le nombre de graines remplies et le poids de 1 000 graines ont les effets directs positifs les

plus importants sur le rendement (Dusanic *et al.*, vol II, 531-537).

La surface foliaire totale, la surface foliaire résiduelle et la teneur en azote de la feuille apparaissent comme des caractères héréditaires qui pourraient être utilisables dans la sélection d'hybrides à haut rendement (Triboi *et al.*, vol II, 517-21).

Eco-physiologie (thèmes)

Physiologie et rendement

- Les déterminants physiologiques du rendement chez des hybrides anciens et nouveaux (Debaeke *et al.* France) : les raisons du progrès génétique : amélioration de l'interception de la lumière grâce au maintien de feuilles vertes plus longtemps et meilleure teneur en azote dans la plante, meilleur indice de récolte. Vol I p. 267.
- L'amélioration des relations source/puits : une méthode pour « screener » le potentiel de rendement en tournesol (E Grimm *et al.* Université de Halle, Allemagne) : l'augmentation des rendements sera permise par une augmentation des sources en carbone (surface foliaire verte) plutôt que par l'augmentation des puits (graines). Vol. I p. 275.

Fonctionnement physiologique des akènes et du capitule

- Connexions vasculaires entre le réceptacle et les akènes vides (M. Alkio *et al.* Université de Halle, Allemagne).
- Développement de la cuticule et des cires épicuticulaires dans le péricarpe des graines (L.F. Hernandez *et al.*, Argentine). Vol. I p. 329.
- Morphologie et distribution des akènes mal remplis sur le capitule (L I Lindström *et al.*, Argentine). Vol. I p. 333.

Effets du milieu, des pratiques culturales et des états du couvert sur l'élaboration du rendement et ses composantes

- Effets de l'excès d'eau sur le remplissage du grain (M.L. Pereira *et al.*, Argentine) : mise en évidence d'un effet direct d'un excès d'eau sur le rendement, variable selon la date d'intervention du stress et le type de sol. Baisse du poids d'un grain liée à réduction de surface foliaire et de la photosynthèse. Vol. I p. 281.
- Effets de la photopériode et de la date de semis sur le développement (R Mac Donough *et al.* Argentine) : les modèles de développement du tournesol pourraient être améliorés en intégrant les effets de la photopériode sur la durée de la phase initiation florale – bouton étoilé, sur le phyllochrone et sur la durée de la phase dernière feuille – floraison). Vol. I p. 309.
- Effets de la structure et de la densité de peuplement sur la surface foliaire et le rendement (M.L. Pereira *et al.*, Argentine) : le rendement augmente avec la densité jusqu'à 14

plantes/m². La réponse à la densité est plus forte avec écartement large (1,40 m) qu'avec écartement 70 cm. Il semble donc possible d'augmenter le potentiel de rendement en augmentant la densité (la capacité physiologique de la plante à mettre en place des graines et les remplir n'est pas limitée à forte densité), à condition de contrôler maladies et verse. Vol. I p.

Comportement à la sécheresse (thèmes)

- Effets du stress hydrique sur le développement et les composantes du rendement de quelques hybrides (E. Andrei, Roumanie). Vol. I p. 251.
- Effets du stress hydrique et des averses de grêles sur le rendement et ses composantes pour quelques hybrides (M. Krizmanic *et al.* Croatie). Vol. I p. 257.
- Effets de l'ajustement osmotique sur le rendement en situation de stress hydrique (C. Chimenti *et al.*, Université agronomie, Argentine). Les familles génétiques présentant un meilleur ajustement osmotique sont davantage capables d'extraire l'eau du sol et ont un meilleur rendement et une plus grande durée de surface foliaire que les familles à faible ajustement osmotique, et sont donc plus tolérantes au stress hydrique post-floraison. Poids d'un grain et nombre de grains sont les composantes les plus affectées par le niveau d'ajustement osmotique. Vol. I p. 261.
- Simulation de la température de l'air sous un couvert de tournesol (D.T. Mihailovic *et al.*, Serbie Monténégro). Mise au point d'un outil de simulation de la température sous couvert. Outil pouvant être utilisé dans les modèles épidémiologiques simulant le développement de maladies. Vol. I p. 287.
- Effets de températures élevées sur la croissance du grain et la qualité (D Rondanini *et al.* Argentine). Des températures supérieures à 35 °C en début de remplissage du grain ont un effet négatif sur le PMG alors que si elles interviennent plus tard l'effet est moindre. T > 35 °C affecte aussi teneur en huile, profil en AG, rapport coque/amande. Différences d'effets entre génotypes. Vol. I p. 293.
- Relations entre incorporation des isotopes de carbone par le tournesol et les performances en situations de stress hydrique (C. Lambrides *et al.*, Australie). Le rapport C13/C12 (que les plantes incorporent dans leurs tissus) est lié à l'efficacité de transpiration, et peut être utilisé en sélection des plantes pour améliorer les performances en conditions limitantes en eau (gains de 10-15 % possibles). Vol. I p. 323.
- Évaluation d'hybrides de tournesol pour la tolérance à la sécheresse.

Orobanche et maîtrise des adventices

Contexte

L'unique innovation du congrès en matière de désherbage a concerné les tournesols résistants à la famille des imidazolinones (imi) ou des sulfonilurées (sulfo) : une technique permettant de désherber le tournesol en post-levée.

Le caractère de résistance du tournesol à la famille des imi a été isolé de manière « classique » (*i.e.* non OGM) : les premiers tournesols résistants ont été repérés en 1996 aux États-Unis dans des parcelles de soja désherbées avec cette famille chimique.

Ces résistances sont développées commercialement depuis deux ans par BASF : des contrats commerciaux ont été établis avec différents semenciers (Syngenta, LG, etc.) donnant naissance à la technologie « clearfield »² (correspondant au gène de résistance aux imi).

Les résistances aux sulfo seront développées commercialement débutera à partir de 2005 aux États-Unis par Pioneer-Dupont.

L'origine génétique de la résistance du tournesol aux sulfo et aux imi est très proche (même locus). C'est un caractère monogénique.

Actuellement les tournesols résistants aux imi se développent :

- dans les zones de production de tournesol où est présente l'orobanche (Turquie, Espagne) : en Turquie 15 % des surfaces de tournesol en 2004 sont implantées avec du tournesol résistant aux imi – variété Sanay[®] de Syngenta avec le désherbant Intervix[®] (imazamox + imazapyr) de BASF ;
- dans les zones de production en présence d'espèces actuellement difficiles à détruire (*Xanthium strumarium* notamment) ;
- en Argentine : 20 000 ha en 2003/2005 (1 % des surfaces nationales) ; de l'ordre de 150 000 ha (7 à 8 % des surfaces) pour la campagne 2004/2005 qui débute là-bas ;
- aux États-Unis où les tournesols résistants aux sulfo devraient se développer à partir de 2005 (intérêt sur chardon des champs) ;
- l'Europe de l'Est (Roumanie) : tests en cours.

Situation aux États-Unis

Cette technologie commence à s'y développer du fait de sa bonne adaptation au travail du sol sans labour, très développé dans ce pays, et de sa « souplesse » souvent évoquée par les producteurs. De plus, en désherbage classique de pré-semis ou pré-levée, les programmes appliqués sont souvent à base de trifluraline, de

pendiméthaline ou d'éthalfuralone, substances actives à faible coût mais à spectre d'action assez limité (faible efficacité sur beaucoup de dicotylédones).

Cependant les tournesols résistants aux sulfo ou aux imi présentent quelques limites ou risques *a priori*.

• Par rapport aux flores en présence :

– *Imi*. L'application répétée d'imi dans les sojas classiques avant le développement de la technique « Round Up ready[®] » a entraîné l'apparition de résistances chez les mauvaises herbes, en particulier amarantes et solanacées, très présentes dans la région (parcelles plus ou moins sales d'amarantes observées lors de la tournée du 02/09). Ces mauvaises herbes résistantes aux imi et aux sulfo sont appelées *ALS resistant weeds*, ALS (acétolactate synthétase) étant l'enzyme impliquée dans la résistance aux imi mais aussi au sulfo.

De plus, l'utilisation d'imi conduit à certaines restrictions dans les cultures suivantes de la rotation, notamment certaines « non-legume broadleaf crops » (dicotylédones hors légumineuses).

– *Sulfo*. Dans la zone du Dakota du nord où nous avons visité la ferme expérimentale de l'université de Fargo, les graminées, notamment la sétaire, font partie des principales mauvaises herbes. Or les sulfo ne sont pas efficaces contre cette adventice. Cela conduit les firmes et les officiels à tester des mélanges du type sulfo + pendiméthaline (Prowl[®]) en application de post-levée précoce du tournesol.

• par rapport aux tournesols sauvages :

Ce risque a été évoqué par des Non-Américains. Le tournesol étant originaire d'Amérique du Nord, les tournesols sauvages y sont très développés. On en rencontre dans les parcelles, en bord de routes, dans les zones de chantiers. Le risque existe que l'utilisation de tournesol résistant aux imi ne conduise au développement de tournesols sauvages résistants aux imi (par croisement entre tournesol cultivé et tournesols sauvages ou par pression de sélection dans les champs cultivés). Ce qui pose des problèmes à terme dans d'autres cultures désherbées aux imi (*idem* pour les sulfo).

Ce risque est cependant relativisé par les Américains, au moins pour le soja. En effet, le soja Round Up ready[®] (GM résistant au glyphosate) s'est très fortement développé aux États-Unis au détriment des sojas « classiques » désherbés aux imi. Dans ces sojas Round Up ready[®], les tournesols résistants aux imi ou aux sulfo (repousses et sauvages) sont aussi aisément détruits que les non résistants.

Par rapport à ces risques de développement incontrôlé de résistances aux imi, J. Miller, de l'USDA Fargo, a répondu qu'il y a déjà des résistances naturelles dans les tournesols sauva-

² D'après les informations recueillies, les lignées de tournesol résistantes aux « imi » sont dans le domaine public. Le label « Clearfield[®] » pour une variété atteste que BASF et l'obteneur de la variété ont validé la technologie pour cette variété.

ges et qu'il est demandé aux producteurs de tournesol résistant aux imi de prendre un certain nombre de précautions sans qu'il ait précisé lesquelles (on peut supposer : ne pas semer du tournesol résistant aux imi à côté de tournesols sauvages, détruire les tournesols sauvages dans les champs environnant). Vu que ces mesures semblent peu réalisables, en particulier dans le contexte de production des États-Unis, cela montre le peu d'intérêt porté pour l'instant à ces questions.

Les principales mauvaises herbes présentes dans les tournesols aux États-Unis.

Différentes espèces de sétaies, *Kachia scoparia*, chardon des champs, *Polygonum convolvulus* (renouée), *Xanthium strumarium*, différentes espèces d'amarantes et de morelles, *Iva xanthifolia*, *Ambrosia artemisiifolia* (plantes à moindre croissance qu'en France semble-t-il), différentes brassicacées, chénopode blanc, *Artemisia biennis* L., *Salsola kali* L.

Quelques références d'efficacité

• Travaux de Richard K. Zollinger (North Dakota State University) : comparaison de trois techniques de désherbage :

– à base de sulfentrazone en post-semis-prélevée du tournesol ;

– à base d'imazamox (35 g/ha) en post-levée ;

– à base de tribenuron (sulfonylurée à 18 g/ha) en post-levée.

Sulfentrazone : cette molécule a un intérêt car certaines mauvaises herbes (amarantes, certaines solanacées) sont résistantes aux « ALS herbicides » (imi ; sulfo) suite à leur forte utilisation en soja dans le passé. Elle pourrait constituer donc une alternative aux méthodes de désherbage actuelles et aux tournesols résistants aux sulfo et aux imi.

Bon contrôle des différentes espèces de morelle, d'amarante, du chénopode blanc, contrôle partiel du *Xanthium strumarium*, l'ambrosie à feuille d'armoise et des brassicacées. Tournesol « clearfield ».

L'imidazolinone a été testée seule à 35 g/ha appliqués sur un tournesol entre les stades 2 feuilles et 8 feuilles. En France, elle pourrait être homologuée à une dose supérieure (50 g/ha)... ces quelques résultats sont donc à prendre avec prudence.

À noter, en cas de mélange de l'imazamox avec une solution azotée (NH₄⁺), il est recommandé d'ajouter un surfactant non ionique.

Bon contrôle par imi des sétaies, des amarantes sensibles aux ALS, du *Xanthium strumarium*, du chénopode blanc, des brassicacées, d'une solanacée (*Solanum ptychanthum*).

Intérêt de la technique car « les repousses de tournesol résistant aux imi sont facilement

contrôlables dans les autres cultures de la rotation ».

Tournesol résistant à l'Express® (sulfo) ou ERS. Ce type de tournesol est en cours d'essai aux États-Unis et l'homologation est prévue pour 2005. Les tournesols résistants aux sulfo ont été obtenus par mutagenèse (non dirigée : ce n'est donc pas un OGM au sens usuel du terme) puis sélection par screening dès 1992 par la société Dupont.

Bon contrôle des amarantes sensibles aux ALS, du chardon des champs (c'est un des intérêts de l'Express® par rapport à l'Imazamox®), du *Xanthium str.*

Contrôle partiel de l'ambrosie à feuille d'armoise.

Pas de contrôle des sétaies (point faible de l'Express® qui conduit à l'associer au Prowl®).

Pas de restriction d'implantation de cultures suivantes au tournesol.

• Travaux de Popescu et ses collaborateurs (Roumanie).

En Roumanie, le chardon des champs et le *Xanthium strumarium* posent problème dans les cultures de tournesol.

Les imi (imazamox, imazapyr) pouvant être associés à la pendiméthaline apportent dans ce pays des perspectives intéressantes grâce aux tournesols clearfield.

L'imazapyr, à cause d'une forte persistance dans le sol, ne sera fort probablement jamais homologué en Europe de l'ouest.

Les tests du Bolero (imazamox seul) appliqué à 48 g/ha, ce qui est proche de la future dose probablement homologuée dans l'UE, sur des tournesols au stade 4 à 6 feuilles permet de contrôler de 75 à 85 % le *Xanthium strumarium* et les autres espèces présentes.

À noter que l'association l'imazapyr 40 g/ha + imazamox 18 g/ha (Eurolighting) permet d'augmenter les efficacités à 85-95 % sur l'ensemble des espèces, *Xanthium str.* compris. L'absence d'efficacité de l'imazamox sur chardon des champs, déjà évoquée dans les travaux américains, est ici confirmée. Par contre, l'imazapyr semble avoir une bonne efficacité contre le chardon des champs.

Pas de gros problème de sélectivité sur le tournesol hormis quelques jaunissements qui disparaissent 20 à 25 jours après l'application et sont sans conséquence sur le rendement avec les trois produits testés.

Entomologie et dégâts d'oiseaux

Les dégâts d'insectes et d'oiseaux sont deux problèmes importants aux États-Unis pour la culture du tournesol, ce qui explique que les Américains soient intervenus en nombre dans ce workshop.

D'après T. Gulya, le fait que le tournesol soit une plante endémique des États-Unis expliquerait la présence (contrairement aux pays

comme la France où il est d'introduction récente) de nombreux insectes nuisibles associés à cette culture.

Les oiseaux, différents « blackbirds » en particulier, sont également un problème important dans les plaines du nord, en particulier en raison des dégâts qu'ils occasionnent en fin de cycle sur les capitules (perte de 5 millions de dollars environ chaque année).

• *Evaluation of sunflower for resistance to stem and seed insect pests in North America* (L. Charlet : NDSU Fargo)

Au cours des années 2002 et 2003, des études ont été menées afin de déterminer s'il existait des résistances génétiques à quatre insectes dans les plaines centrales et du nord des États-Unis. Ces études ont été menées, au plein champ, avec du matériel génétique divers (lignées, hybrides, croisements interspécifiques...) sur les insectes suivants :

– *Sunflower stem weevil* (*Cylindrocopturus adspersus*) : une sorte de charançon de la tige dont les larves en se nourrissant dans la tige provoquent des casses de tige (surtout en année sèche ou lors de coups de vent).

– *Banded sunflower moth* (*Cochylys hospes*) : les chenilles de ce lépidoptère se nourrissent des fleurons, graines en formation et à maturité. Ceci est en particulier préjudiciable aux *confectionary sunflowers*.

– *Sunflower moth* (*Homoseoma electellum*) : une pyrale, un peu différente de l'espèce européenne. Les larves détruisent aussi les graines et provoquent des baisses de teneur en huile.

– *Red sunflower seed weevil* (*Smicronyx fulvus*) : un coléoptère dont les larves détruisent les graines de tournesol.

Des résistances « prometteuses » à ces insectes ont été identifiées. Ces résultats sont en cours de confirmation en essais 2004. À noter que pour le moment les mécanismes de résistance ne sont pas connus.

• *Impact of planting date on sunflower beetle infection and damage in cultivated sunflower* (Knodel, Charlet, et al. : NDSU Fargo).

Sunflower beetle (*Zygogramma exclamationis*) est une sorte de chrysomèle. L'adulte et la larve peuvent provoquer une forte défoliation.

L'auteur montre que retarder le semis est un moyen intéressant de réduire les dégâts d'autant que cela n'empêche pas l'effet d'un parasitoïde efficace (*Myiopharus macellus*).

• *Banded sunflower moth* (*Cochylys hospes*) *egg distribution and survey techniques* (K Mundal... : NDSU Fargo).

L'intervenant a exposé les conseils en matière de lutte chimique spatialement raisonnée contre cet insecte (voir dégâts ci-dessus) dont les pontes décroissent de la bordure à l'intérieur du champ :

– il évalue par comptage les œufs présents dans les bractées de quelques capitules avant florai-

son, et ceci, sur plusieurs « stations » réparties dans les premiers mètres de la parcelle tout autour de la parcelle ;

– il dispose (essais antérieurs supposés) d'un tableau indiquant une *economic distance*, c'est-à-dire la distance au-delà de laquelle l'insecte est insuffisamment présent pour justifier économiquement un traitement pour un nombre d'œufs déterminé (une faible présence indiquera par exemple de ne traiter que sur 30 mètres à l'intérieur du champ et une forte sur 200 mètres...);

– il trace à partir du comptage d'œufs sur chaque station une carte indiquant la partie de parcelle à traiter.

• *Effect of genotype, growing conditions, and several parameters of sunflower attractiveness for bee visitation (Miklic Novi-Sad).*

L'étude montre que la production de nectar et la fréquentation des ruches par les abeilles dépendent plus de la variété (plusieurs hybrides et lignées testées) et de l'année (2002 et 2003) que de la fertilisation (trois niveaux de fertilisation testés en NPK : 0-0-0 ; 50-50-50 ; 100-100-100). Cette dernière a finalement très peu ou pas d'influence dans les conditions des essais.

L'auteur constate aussi dans ces essais que la quantité de nectar produite, qui diffère selon les variétés, ne dépend pas de la longueur des corolles et que la longueur des corolles n'a pas d'impact sur la fréquentation des abeilles.

L'intervenant a précisé que certains apiculteurs se plaignaient aussi en Serbie de faibles productions de miel avec le tournesol et de dégâts sur abeilles. Pour lui, les cires du tournesol et l'abrasivité des graines pourraient expliquer certains problèmes, et, en particulier, le fait qu'après de nombreuses visites de fleurs, les abeilles puissent être « endommagées ».

Un représentant du ministère de l'Agriculture de l'Ouganda a également fait part des difficultés rencontrées par les apiculteurs de son pays.

• *Influences of land use patterns on blackbird abundance in the prairie pothole region of North Dakota (NDSU Fargo).*

Il s'agit d'une enquête écologique ayant pour but de mieux connaître les relations entre l'abondance de différents blackbirds et les différents milieux (forêts, terres cultivées, zones humides...).

L'étude montre que l'abondance de certains oiseaux est étroitement liée à un type de milieu (zones humides pour le *yellow headed blackbird*) alors que d'autres (*common grackle*) se retrouvent dans des milieux très variés.

L'objectif final est de fournir des éléments permettant de limiter au mieux les dégâts d'oiseaux.

• *Avian use of harvested crop fields during spring migration through North Dakota (NDSU Fargo).*

Cette étude écologique montre que les parcel-

les de tournesol constituent pour les oiseaux migrateurs un milieu plus favorable que les autres cultures (soja, maïs...) pour une escale au cours de leur migration de printemps. Ces chercheurs sont en effet préoccupés par le fait que la mise en culture de nombreuses terres dans le Nord-Dakota a réduit les surfaces en prairies qui étaient les milieux principaux où les oiseaux se reposaient au cours de leur migration. Les comptages, lors d'enquêtes où 10 000 oiseaux de 33 espèces différentes ont été observés, montrent en effet une plus forte abondance des oiseaux dans les champs de tournesol que dans les autres. Les auteurs précisent que la raison n'est pas connue et qu'ils ne savent pas si c'est une question de qualité d'abri, de nourriture... ce qui nécessitera une étude ultérieure.

• *Management of Cattail (Typha spp.) stands with glyphosate to disperse Blackbirds (NDSU Fargo)*

Les *cattails* sont des massettes (roseaux) dont certaines espèces sont identiques à celles présentes en Europe : *Typha angustifolia*, par exemple, aurait été importée d'Europe dans les années 1970 et, seule ou hybridée avec une espèce endémique, s'est fortement développée depuis trente ans aux dépens d'une végétation endémique moins vigoureuse.

Ils constituent des roselières dont la surface est de l'ordre de 2,4 % de la surface totale du Nord-Dakota (beaucoup de lacs, de marécages...). Ces plantes de milieux humides constituent d'excellents perchoirs et dortoirs pour les *blackbirds* en phase de regroupement pré migratoire avant leur départ pour les régions plus au Sud (delta du Mississippi). Les champs de tournesol situés à proximité de ces roselières subissent fréquemment de forts dégâts du début de la formation des graines jusqu'à la maturité (août à octobre).

S'appuyant sur des études écologiques et économiques antérieures, l'USDA traite chaque année au glyphosate (avant l'arrivée des oiseaux migrateurs) environ 1 % des surfaces en *cattails*, en cherchant ainsi à diminuer les surfaces en cette plante refuge et donc les dégâts sur les champs de tournesol voisins.

• *Autres interventions sur les cattails*

Deux autres études sur l'abondance des *cattails* l'une dans les différents milieux du Nord-Dakota, l'autre spécialement sur les bordures de routes, ont été réalisées afin de « caler » au mieux la lutte contre ces oiseaux.

– *Effects of aerial lines on red-winged blackbird nesting success (Clark et al. : NDSU Fargo)*

Il s'agit d'une étude cherchant à mettre au point un système permettant de perturber la nidification des *blackbirds*.

Le système consiste à tendre entre deux piquets espacés de quelques mètres et de 2,5 m de haut, des fils de nylon espacés de 15

à 30 cm qui vont ainsi perturber le comportement des oiseaux et la réussite des nichées. Ce système est positionné entre les roselières (zones de nidification) et les champs de tournesol.

Des résultats positifs sont obtenus et montrent qu'il existe des alternatives à la lutte chimique (destruction des *cattails* au glyphosate).

Cartes génétiques et sélection assistée

Une nouvelle génération de marqueurs a vu le jour avec la technique TRAP (*Target Region Amplification Polymorphism*) utilisée avec des amorces PCR dessinées contre des séquences du tournesol EST (*Expressed Sequence Tag*) dont plus de 70 000 sont d'ores et déjà disponibles. Cette technique pourrait être utilisée avec succès pour générer suffisamment de marqueurs et construire des cartes denses permettant de cartographier tous les QTL d'intérêt agronomique. C'est ainsi que pour la teneur en acide oléique, 176 marqueurs ont été générés. 160 se trouvent sur 17 groupes de liaison à raison de 3 à 28 marqueurs par groupe de liaison et une distance moyenne entre 2 marqueurs liés d'environ 9cM (Hu et al., vol II, 665-71).

La technique TRAP est appliquée à la recherche de marqueurs associés à la tolérance du tournesol au *sclerotinia*. À partir d'un croisement 3 voies, 102 marqueurs ont été générés. Seul un marqueur de 411 bp est associé à la sensibilité au *sclerotinia capitule* et pourrait être lié à l'un des gènes ou localisé dans l'un des QTL (Chen et al., vol II, 631-6).

En utilisant des marqueurs SSR, une équipe allemande a mis en évidence à partir de populations F3 issues de deux croisements R résistant au *sclerotinia tige* × CM625 (sensible), 6 à 9 QTL pour l'un des croisements et 3 à 4 QTL pour l'autre. Cette équipe confirme la nature polygénique de la résistance au *sclerotinia*, avec des héritabilités intermédiaires (Hahn et al., vol II, 637-41).

Cette technique TRAP est également utilisée pour générer des marqueurs d'un gène de résistance au mildiou chez une nouvelle source de résistance PI468435. Parmi 65 marqueurs obtenus, seul un fragment de 257 bp est associé à la résistance au mildiou. Au vu des ségrégations observées, la population PI468435 posséderait un gène différent des gènes *PI6* et *PI8* (Hu et al., vol II, 623-9).

De son côté, une équipe argentine tente de dresser une carte génétique de la région du locus *PI8* (gène de résistance au mildiou) et du locus de la résistance à la rouille. Ils placent une dizaine de marqueurs polymorphiques sur le groupe de liaison 13 encadrant un QTL résistance rouille et un QTL résistance mildiou. Ainsi

un cluster de gènes de résistance qui confère la résistance à de nombreuses races de mildiou peut inclure des gènes de résistance à d'autres pathogènes (Abratti *et al.*, vol II, 615-22).

Dans le cas du *phomopsis*, les QTL contrôlant la résistance sur feuilles, pétioles et tiges sont distribués sur au moins 8 régions chromosomiques. Mais il n'est pas mis en évidence de co-localisation entre QTL d'expression de symptômes sur feuilles et QTL d'expression de

taches encerclantes sur tige. L'héritabilité de la résistance au phomopsis apparaît complexe et il serait intéressant de pyramider la résistance sur feuilles et celle sur tiges grâce à une sélection assistée par marqueurs (Bervillé *et al.*, vol II, 643-9).

Depuis une dizaine d'années, on assiste à une multiplication de marqueurs localisés sur une carte génétique propre au croisement étudié. Au cours de la conférence, nombre de généticiens

ont exprimé le souhait d'une mise en commun de ces cartes qui conduirait à disposer d'un plus grand nombre de marqueurs pour les gènes ou QTL d'intérêt et faciliter la sélection assistée par marqueurs.

Remerciements. Aux collègues de l'USDA de Fargo pour l'ambiance conviviale et l'organisation sans faille. ■