

DOSSIER DE PRESSE

INAUGURATION  
PÔLE DE RECHERCHE  
AGROGÉNOMIQUE  
DU TOURNESOL



Institut National de la Recherche Agronomique  
Membre fondateur d'Agreenium



## INAUGURATION PÔLE DE RECHERCHE AGROGÉNOMIQUE DU TOURNESOL

### SOMMAIRE

Communiqué de presse	p2
3 questions à Patrick Vincourt, coordinateur scientifique du projet	p3
Le tournesol : une culture pour le futur	p5
Un centre de recherche unique en Europe : pour une vision intégrée du gène au territoire	p7
Zoom sur la plateforme de phénotypage HELIAPHEN	p10
Zoom sur l'adaptation du tournesol au changement climatique : le projet investissement d'avenir SUNRISE	p11
Pour aller plus loin... 3 résultats de recherche obtenus à ce jour	p13



INRA de Toulouse Midi Pyrénées

## COMMUNIQUÉ DE PRESSE

Castanet, le 21/02/2013

### L'INRA inaugure à Toulouse le pôle de recherche en agrogénomique du Tournesol

Le 21 février 2013, François HOULLIER, Président Directeur Général de l'INRA, a inauguré sur le site INRA d'Auzeville, le pôle de recherche en agrogénomique du tournesol en présence de Henri Michel Comet, Préfet de la Région Midi-Pyrénées, Martin Malvy, ancien ministre et Président de la Région Midi-Pyrénées, et François-Régis Valette, Président de la communauté d'agglomération du SICOVAL

Inscrit dans une dynamique d'intégration des disciplines (agronomie, phytopathologie, écophysiologie, génétique, génomique) et une collaboration privilégiée avec les acteurs socio-économiques régionaux, le pôle de recherche « Agrogénomique du Tournesol » mobilise les technologies génomiques les plus récentes dans une démarche de valorisation d'un vaste patrimoine de ressources génétiques. L'objectif du projet est d'améliorer la compétitivité économique en contribuant à la définition de prototypes variétaux de Tournesol adaptés aux systèmes de culture et répondant à la nécessité de réduction des intrants et de préservation des ressources. Il est aussi de renforcer la compétitivité des entreprises de sélection implantées dans la Région Midi-Pyrénées, qui occupent ensemble une position de leaders mondiaux en génétique du tournesol.

Situé au coeur de l'Agrobiopôle portée par la communauté d'agglomération du SICOVAL, le pôle de recherche en agrogénomique du Tournesol, d'envergure européenne, rassemble plus de 20 chercheurs, enseignants - chercheurs et techniciens dédiés spécifiquement à l'agrogénomique du tournesol. Il mobilise les compétences de 3 unités de recherche ainsi que des plateformes en séquençage, phénotypage et modélisation. Le pilotage scientifique des unités est assuré par les départements de l'INRA en Biologie et Amélioration des Plantes, Environnement et Agronomie et Santé des Plantes et Environnement, conjointement avec le CNRS. Il est porteur d'un projet en Biotechnologies et Bioressources des investissements d'avenir, le projet « SUNRISE », financé par l'ANR à hauteur de 7 M€ sur 8 ans. Ce projet vise à l'amélioration de la production d'huile issue de la culture d'hybrides de tournesol en condition de disponibilité réduite en eau. Il réunit 17 partenaires permettant une fertilisation croisée d'une large gamme d'expertises, dont 6 partenaires industriels membres du « GIS Biotechnologies Vertes » et le CETIOM. Ce projet participe à l'intensification du partenariat public-privé, de l'identification des thèmes stratégiques au transfert plus rapide des résultats sur le terrain.

Le pôle agrogénomique du tournesol a bénéficié d'un financement global de 3,6 M € dans le cadre du Contrat de Projet Etat-Région 2007-2013 dont 59 % de la part de l'INRA, 35 % de la Région Midi-Pyrénées, 3,5 % du Ministère de la Recherche et 2,5% du SICOVAL. Ces financements ont permis la construction de 920 m<sup>2</sup> de laboratoires et bureaux, de plusieurs chambres de culture ainsi que d'une chambre froide pour la conservation des ressources génétiques de tournesol. Ils ont également rendu possible l'acquisition d'équipements stratégiques dans le domaine du séquençage à haut débit et de la bioinformatique.

## 3 QUESTIONS À PATRICK VINCOURT, COORDINATEUR SCIENTIFIQUE DU PROJET



### En quoi consiste le projet agrogénomique du Tournesol ?

Ce projet s'inscrit dans une dynamique d'intégration des disciplines scientifiques et une collaboration privilégiée avec les acteurs socio-économiques régionaux. Le pôle de recherche «Agrogénomique du Tournesol» mobilise ainsi les technologies génomiques les plus récentes dans une démarche de valorisation d'un vaste patrimoine de ressources génétiques.

Deux orientations majeures guideront le projet :

- Tout d'abord, l'identification de gènes d'intérêt pour l'amélioration des caractéristiques agronomiques de la culture. Nous nous appuyons pour ce faire sur la vaste collection de ressources génétiques collectées ou développées par l'INRA depuis plus de 40 ans ainsi que sur les nouvelles technologies d'analyse du génome et nouvelles capacités d'intégration permises par la modélisation des phénotypes.
- Par ailleurs, nous continuerons à développer la résistance du tournesol face aux maladies comme le Mildiou ou le Phoma. En effet, la culture du tournesol est aujourd'hui très peu exigeante en produits phytosanitaires, essentiellement grâce aux solutions déjà apportées par la génétique et à une conduite raisonnée de la culture, il faut préserver ce statut.

### Comment ce projet a-t-il pu voir le jour ?

Le projet est né à la suite d'échanges approfondis entre tous les acteurs concernés dans le cadre de l'initiative nationale appelée « Tournesol 2010 » dans les années 2004-2005: établissements publics d'enseignement et de recherche du pôle de compétences de la DGER Toulouse AgriCampus, représentants de la filière des oléagineux, institut technique (CETIOM), entreprises semencières. Ces échanges ont conduit à l'identification de cibles prioritaires pour la recherche. Le projet a alors bénéficié pour sa mise en œuvre d'un investissement important de l'INRA et d'un Contrat de Projet Etat Région (CPER 2007-2013) avec une participation de la Région Midi-Pyrénées (35 % du coût du projet), de l'Etat (3.5 %) et de la communauté d'agglomération du SICOVAL (2.5% ).

Cette dynamique a été soutenue ensuite par différents projets, parmi lesquels le projet « Investissement d'avenir » SUNRISE, dédié à l'amélioration de la culture du tournesol en condition de déficit hydrique et qui a permis de doter le pôle de 7 millions d'euros supplémentaires sur 8 ans pour la période 2012-2019.

En France, en 2011, plus de 700 000 hectares de tournesol ont été cultivés avec une production de près de 2 millions de tonnes de graines triturées. La région Midi-Pyrénées en est la 1ère région productrice avec environ 200 000 hectares cultivés. Elle rassemble également les principales entreprises semencières leaders au niveau mondial dans ce secteur.

L'INRA de Toulouse Midi Pyrénées avait donc toute légitimité pour porter un tel projet. Notre objectif est clairement de devenir un pôle de recherche à rayonnement international dans ce domaine.

## Quelle est l'implication de l'INRA dans ce projet ?

Ce projet regroupe les forces nationales de l'INRA dédiées aux questions de recherche sur le tournesol.

Au plan des ressources humaines, ce pôle d'envergure européenne rassemble plus de 20 chercheurs, enseignants chercheurs et techniciens dédiés spécifiquement au projet, et mobilise en appui les compétences de 3 unités de recherche soit 227 personnes. Il bénéficiera également des apports des plateformes en séquençage (CNRGV), phénotypage (de la serre au champ), et modélisation (plateforme RECORD) au travers du soutien des départements INRA en Biologie et Amélioration des Plantes, Environnement et Agronomie et Santé des Plantes et Environnement. Cette implication de l'INRA se poursuivra dans le cadre du projet SUNRISE puisque 63 équivalents temps plein seront consacrés au projet.

S'agissant des équipements, l'INRA a investi dans la construction du nouveau bâtiment à hauteur de 59% du financement du volet immobilier. D'une superficie de 920 m<sup>2</sup> de laboratoires et bureaux, le bâtiment comprend également plusieurs chambres de culture ainsi qu'une chambre froide pour la conservation des ressources génétiques. Cet investissement a également rendu possible l'acquisition d'équipements stratégiques, par exemple dans le domaine du séquençage à haut débit, du phénotypage, et de la bioinformatique.

## LE TOURNESOL : UNE CULTURE POUR LE FUTUR

### Des débouchés diversifiés

#### Alimentation humaine :



Les huiles, valorisation principale des graines de tournesol (plus de 80% de la valeur de la graine), jouent un rôle nutritionnel fondamental dans l'alimentation humaine, comme apport essentiel d'énergie et d'acides gras dans la ration alimentaire quotidienne. Riche en vitamine E anti-oxydante et en acide gras essentiels, l'huile de tournesol est particulièrement bénéfique pour la santé humaine.

Ainsi la consommation d'huile végétale en France a plus que doublé ces 30 dernières années et la part de l'huile de tournesol, déjà importante depuis la fin des années 70, n'a cessé de progresser depuis à un rythme soutenu.

#### Alimentation animale :



Les tourteaux de tournesol, résidus solides obtenus après extraction de l'huile des graines, constituent une importante source de protéines pour l'alimentation animale. Dans un contexte de demande supérieure à l'offre au niveau européen, (comblée notamment par l'importation d'importantes quantités de tourteaux de soja), le tournesol contribue de façon non négligeable à réduire le déficit européen dans ce domaine. Des

investissements industriels significatifs sont d'ailleurs en passe d'être réalisés pour accroître la valorisation de cette composante de la graine.

#### Chimie verte :



Les huiles végétales et leurs dérivés, biodégradables et d'origine renouvelable, possèdent des propriétés solvantes, hydrauliques, lubrifiantes, émoullientes ou tensioactives, qui leur confèrent un intérêt croissant pour remplacer les produits dérivés du pétrole.

On les retrouve dans les produits de grande consommation (savons, crèmes, rouge à lèvres, mousse à raser, produits d'entretien) ou industriels (encres d'imprimerie, fluides hydrauliques ou lubrifiants).

Certaines fractions de la plante entière de tournesol peuvent aussi être utilisées comme alternative à des matériaux issus de la pétro-chimie ou comme agromatériaux pour le bâtiment, avec des propriétés isolantes supérieures aux matériaux isolants classiques. Les débouchés dans ce domaine sont donc variés et de nombreuses pistes restent encore à explorer.



### Une culture écologique

Le tournesol est une culture qui nécessite peu d'interventions phytosanitaires, notamment grâce aux programmes d'amélioration génétique pour la résistance aux différents bio-agresseurs (mildiou, phomopsis, sclerotinia, ...) qui ont permis de limiter les traitements. Ainsi les applications phytosanitaires requises pour une conduite de culture optimale restent très modérées : un ou deux passages pour le désherbage, au plus un traitement fongicide, voire exceptionnellement un traitement anti-pucerons.

De plus les besoins totaux du tournesol en azote sont globalement faibles en comparaison d'autres plantes majeures de grande culture (blé, maïs, colza) car son enracinement profond permet une exploitation optimale du sol qui couvre au moins 50 % de ses besoins.

Enfin le tournesol présente de très bonnes capacités de résistance à la sécheresse comme l'ont encore démontré ces dernières années marquées par d'importants déficits hydriques estivaux. Ainsi le tournesol est capable d'aller puiser l'eau en profondeur grâce à sa longue racine pivotante, il peut également adapter son cycle de développement en fonction de la disponibilité de l'eau.

### De nombreux atouts agronomiques

Utilisé dans le cycle de rotation, le tournesol offre les conditions optimales d'implantation aux céréales d'hiver. Il permet la lutte contre certaines graminées et surtout, il assure une rupture du cycle des maladies des céréales (fusariose, piétin, etc ) Ainsi on observe que le rendement du blé suivant une culture de tournesol est augmenté d'environ 15%.

### Mais des points qui peuvent être améliorés...

Malgré de nombreux atouts, le tournesol reste une culture insuffisamment compétitive. En dépit d'un progrès génétique certain, le gain de productivité s'est ralenti depuis 20 ans. La compétitivité de la culture passera nécessairement par une amélioration de la stabilité de production.

Par ailleurs le tournesol est une culture traditionnellement conduite sur des milieux à fortes contraintes et son programme de sélection international est relativement jeune. Il y a donc un réel potentiel d'amélioration des qualités agronomiques de la plante, notamment par l'exploitation plus raisonnée des ressources génétiques sauvages.

## UN CENTRE DE RECHERCHE UNIQUE EN EUROPE : POUR UNE VISION INTÉGRÉE DU GÈNE AU TERRITOIRE

### Démarche scientifique

L'objectif du projet agrogénomique de tournesol est double :

- D'une part l'identification des gènes impliqués dans le fonctionnement de la plante qui ont un impact important sur les caractères d'intérêt pour la culture,
- D'autre part la détermination, au sein des ressources génétiques, des formes de ces gènes les plus intéressantes pour l'amélioration du tournesol.

L'approche méthodologique employée consiste à mettre en relation le « phénotype » (ce que le biologiste, l'expérimentateur, ou l'agriculteur perçoit du fonctionnement de la culture) avec le « génotype » (ce que l'analyse des génomes nous permet de comprendre de ces différences de comportement). Il est ainsi possible d'identifier des « gènes candidats », et à terme d'utiliser cette information pour modéliser le comportement des variétés dans des conditions agronomiques (sol, climat, conduite) variées.

### Les unités impliquées dans le projet



#### Au cœur du végétal : le Laboratoire des Interactions Plantes-Microorganismes (LIPM)

Le LIPM, unité mixte de recherche CNRS-INRA, a comme champ de recherche prioritaire les interactions entre les plantes et les micro-organismes. Dans le cadre du projet Tournesol, le LIPM travaille aujourd'hui principalement sur les interactions du tournesol avec des organismes pathogènes tels que le Mildiou et le Phoma. Au travers ces études sont abordées de nombreuses questions biologiques relatives aux programmes de développement, au contrôle de l'expression génique ou aux mécanismes d'adaptation métabolique notamment. Pour ce faire, le LIPM travaille en étroite collaboration avec la plateforme bio-informatique et celle de cytologie et d'imagerie. Dans le cadre de ses recherches, l'équipe « Tournesol » du LIPM est également amenée à conserver de nombreuses ressources génétiques, et est un acteur du consortium international de séquençage du génome du tournesol piloté par un chercheur de grand renom international dans le domaine de la génétique évolutive (L.Rieseberg, UBC, Canada).



## Mieux connaître les agro-systèmes cultivés dans une perspective de développement durable : l'UMR AGIR.

L'UMR AGIR (INRA-ENSAT-EI Purpan) regroupe un large panel de compétences, de l'agronomie à l'économie en passant par l'écologie ou les statistiques. Le regroupement de ces compétences a vocation à traiter des enjeux finalisés de l'agriculture et du développement durable. Au sein du projet tournesol, l'UMR AGIR travaille sur les aspects agronomiques de l'amélioration de la productivité. AGIR étudie notamment les effets des facteurs limitants et évalue les méthodes permettant d'en réduire l'impact sur le rendement. Un deuxième volet de ses recherches porte sur la maîtrise de la richesse en huile des graines de tournesol. Pour cela l'unité dispose d'outils permettant d'évaluer les conséquences de différents choix stratégiques sur les résultats de la production à l'échelle de la plante, de la parcelle et du territoire. L'Unité s'appuie sur les outils de la modélisation des agrosystèmes, notamment sur la plateforme RECORD. Les approches par modélisation et simulation de systèmes complexes permettent de mener des expérimentations virtuelles, après paramétrage à l'aide d'expérimentations en serre ou au champ, et ainsi d'analyser rapidement un grand nombre de scénarios difficilement testables grandeur réelle.

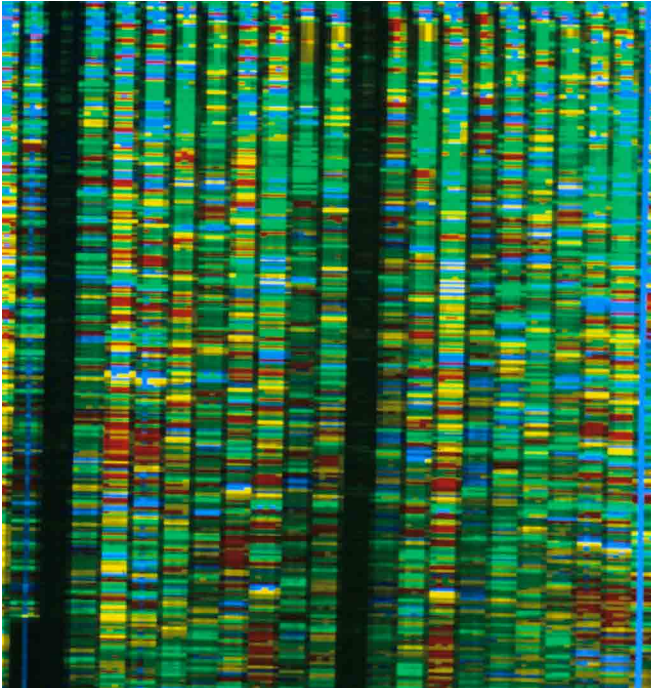
Ces travaux s'inscrivent notamment dans le cadre de l'Unité mixte technologique (UMT) Tournesol. Cette UMT, basée à Toulouse, associe l'UMR AGIR (INRA-ENSAT-EI Purpan), le LIPM, le CETIOM (centre technique interprofessionnel des oléagineux et du chanvre), et le CESBIO (Centre d'études spatiales de la biosphère)



## La connaissance génomique : le Centre National de Ressources Génomiques Végétales (CNRGV)

Le CNRGV a pour mission la centralisation et la valorisation des ressources génomiques végétales d'intérêt auprès de la communauté scientifique internationale. Dans ce cadre le CNRGV participe activement aux côtés du LIPM au projet de séquençage du génome du tournesol au sein d'un consortium international impliquant le Canada et les Etats-Unis. Cette équipe a notamment produit une ressource génomique d'intérêt primordial pour la réussite du projet de séquençage.

## Les ressources disponibles



## Plateforme de séquençage : Get PlaGE

La plateforme Génomique (GeT-PlaGe) met à disposition de la communauté scientifique une expertise et des outils innovants dans le domaine de la génomique et de la transcriptomique. Elle est une des plateformes fondatrices de Genotoul, établie depuis 2001 dans le cadre de l'appel d'offre du Réseau National des Génopoles.

GeT-PlaGe est une des plateformes stratégiques de l'INRA. Adossée au laboratoire de Génétique Cellulaire, elle est composée d'une équipe de 17 personnes (dont 7 permanents) et bénéficie de subventions dans le cadre du CPER, CNOC, Région, ... Le montant de ses équipements en production s'élève à 3.7M€. Elle apporte l'une des offres les plus complètes de France dans le domaine de la génomique et de la transcriptomique : PCR quantitative haut débit en microfluidique et sur cellule unique, technologies de génotypage adaptées à différents débits, séquenceurs classiques et de nouvelles générations.... Elle est impliquée dans les travaux de plus d'une centaine d'équipes de recherche.

## Plateforme de phénotypage

L'INRA a investi de manière ambitieuse sur la thématique du phénotypage, c'est-à-dire la description de la réaction d'une plante ou d'une culture aux divers stimuli de l'environnement. C'est notamment le cas du projet « Investissements d'Avenir » PHENOME, porté sur Toulouse par AGIR et l'Unité Expérimentale sous la forme de la plateforme au champ AGROPHEN, qui développe des méthodes de phénotypage réalisées entièrement par imagerie. En complément, l'équipe « Tournesol » du LIPM a conçu et mis en place un dispositif entièrement original (plateforme HELIAPHEN), compromis entre les exigences des travaux de génétique (effectifs nombreux) et la nécessité de produire des informations à la fois contrôlées au plan expérimental et ayant un impact potentiel pour les applications agronomiques. Avec l'appui de la région, une plateforme de phénotypage à haut débit en serres devrait prochainement venir compléter le dispositif sur le site d'Auzeville.

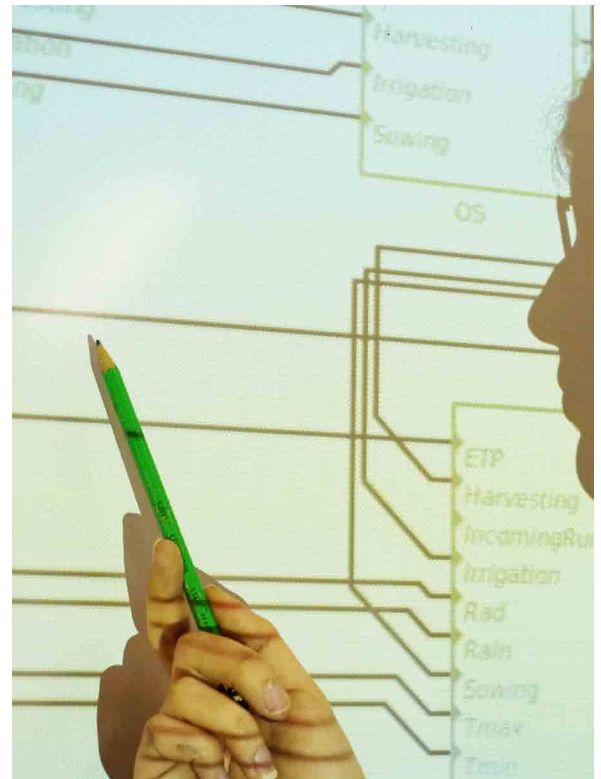


## La modélisation : pour prédire les scénarios de production végétale

La modélisation de la culture consiste en l'élaboration de modèles prédictifs de la performance des variétés au travers d'une large gamme d'environnements. Le modèle SUNFLO développé par le partenaire AGIR intègre dans son fonctionnement des paramètres d'origine génétique : quand la variété fleurit-elle pour une date de semis donnée ? Quelle surface foliaire aura-t-elle développée à ce stade ? Comment la sécheresse influence-t-elle sur la mise en place de cette surface foliaire et sur la transpiration du couvert ? ...

Il est ainsi possible de prédire le comportement d'une variété dans un environnement donné. A terme cela permettra aux agriculteurs d'optimiser leur choix variétaux et d'adapter au mieux la conduite appliquée.

La modélisation permet aussi de fournir au sélectionneur des outils pour apprécier sur des bases plus rationnelles le comportement de prototypes variétaux en cours de création: ce champ de recherche est une perspective clef dans l'interaction entre les deux disciplines que constituent l'écophysiologie et la génétique.

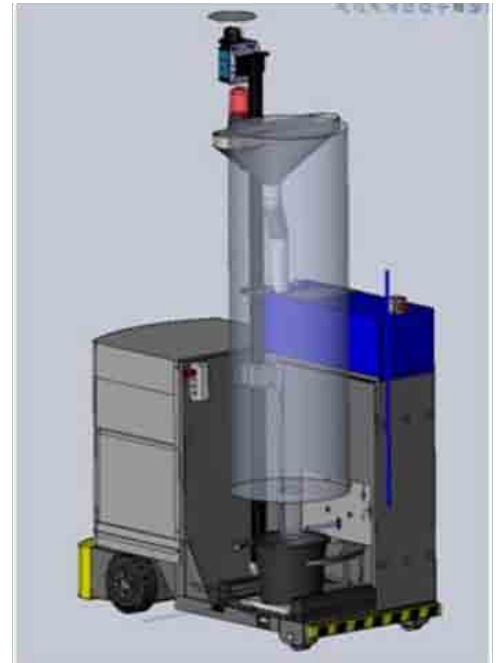


## ZOOM SUR LA PLATEFORME DE PHENOTYPAGE : HELIAPHEN

Un objectif majeur de la biologie est de comprendre comment les génomes et leurs déclinaisons (« géotypes ») contrôlent le développement et l'adaptation des organismes à leur environnement pour produire des « phénotypes ». Cette connaissance est à la base de l'amélioration génétique, mais aussi du développement de nouveaux caractères chez les plantes, microorganismes et animaux.

Du côté génomique, la révolution des outils de séquençage a levé des verrous technologiques majeurs. Du côté du phénotype, de nouveaux changements technologiques s'initient actuellement par le développement de plateformes de phénotypage. Celles-ci permettent d'automatiser sur de grands effectifs des mesures morphologiques, physiologiques ou biophysiques complexes.

C'est dans ce contexte qu'a été développé, dans le cadre du projet Oléosol (financement Région Midi-Pyrénées, FUI et FEDER), un nouveau concept de plateforme de phénotypage, baptisée Heliaphen, entièrement dédiée au tournesol et opérationnelle en juin 2013.

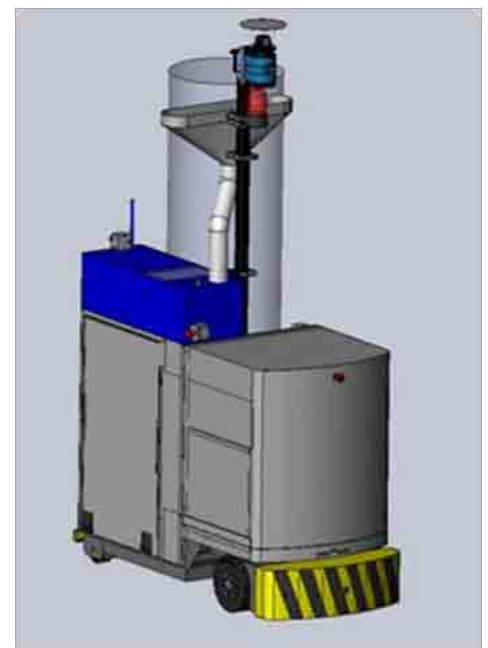


### Description de la plateforme

La plateforme Heliaphen est composée d'une dalle robotisée d'environ 660m<sup>2</sup>, d'un local technique pour le robot de 24m<sup>2</sup> et d'une aire de préparation des plantes de 250m<sup>2</sup>. La dalle robotisée est pourvue d'un système d'irrigation, ceinte d'un brise-vent et d'une protection contre les oiseaux. Elle supporte 1300 plantes de tournesol en pots de 15l. Un robot vient peser, irriguer et photographier chaque plante quotidiennement. Ce robot est un prototype unique développé pour cette plateforme par la société Optimalog, spécialiste de l'automatisation.

Le robot permet de contrôler les irrigations de façon individualisée et constitue donc un outil essentiel pour étudier la réponse des plantes à la sécheresse, cible majeure d'amélioration végétale. Les informations phénotypiques mesurées par le robot sont donc la transpiration, la morphologie (tige, feuille, capitule) et la sénescence des feuilles. La plateforme permet d'étudier ces caractères depuis les stades précoces du développement jusqu'à la fin du développement de la plante.

Le contrôle de l'environnement et l'automatisation des mesures constituent un apport unique et très prometteur dans la découverte des gènes permettant l'amélioration du tournesol.



*Vues du robot de la plateforme Heliaphen*

## ZOOM SUR L'ADAPTATION DU TOURNESOL AU CHANGEMENT CLIMATIQUE : LE PROJET INVESTISSEMENT D'AVENIR SUNRISE

Le projet SUNRISE a été sélectionné au cours de la 2<sup>nd</sup>e vague d'appel à projet du programme «Investissement d'Avenir» et bénéficiera d'un financement de 7 millions d'euros sur 8 ans.

Ce projet vise à l'amélioration, par une meilleure valorisation de la diversité génétique, de la production d'huile issue de la culture d'hybrides de tournesol en condition de disponibilité réduite en eau.

En effet, bien que le tournesol soit une culture relativement peu exigeante en eau par rapport à d'autres espèces d'été, il peut gaspiller précocement l'eau disponible dans le sol si celle-ci est abondante, et se retrouver ultérieurement en situation de souffrance par défaut de gestion de la réserve en eau. Par ailleurs, le tournesol sauvage, d'origine nord-américaine, a colonisé au sein de ce vaste continent des écosystèmes très diversifiés, tandis que la base génétique initiale utilisée pour son amélioration à des fins agricoles a été très étroite : un des objectifs consiste en quelque sorte à « redistribuer les cartes », c'est-à-dire à explorer la biodiversité pour y exploiter les événements profitables à une culture compétitive et respectueuse de l'environnement. C'est la démarche qui anime les chercheurs de l'INRA dans le cadre du projet SUNRISE.

Ce projet réunit 17 partenaires avec des compétences à la fois en agronomie, écophysiologie, génétique, génomique et modélisation, dont 6 partenaires industriels et le CETIOM, qui agit à la fois pour identifier les besoins des agriculteurs et de la filière, pour faire bénéficier le projet de son savoir-faire en expérimentation, et pour transférer les résultats de la façon la plus efficace possible. Les partenaires industriels et le CETIOM sont membres du « GIS Biotechnologies Vertes ».

### LES PROJETS INVESTISSEMENT D'AVENIR

Lancés par l'Etat en 2009, les Projets investissement d'avenir (PAI) représentent un investissement de 35 milliards d'euros. La recherche et l'enseignement supérieur en sont les principaux bénéficiaires avec 22 milliards d'euros dédiés. Ces investissements ont vocation à encourager l'innovation dans des secteurs d'avenir (biotechnologies, numérique, développement durable, etc...) afin de construire l'économie de demain et renforcer la compétitivité de notre pays.



### GIS BIOTECHNOLOGIES VERTES

Le GIS « Biotechnologies Vertes » (GIS BV) vise à fédérer la démarche nationale suscitée par les « Investissements d'Avenir » et à mutualiser les investissements qui peuvent l'être (ex : bioinformatique, plateforme de phénotypage et de génotypage). Le GIS BV s'appuie également sur Genoplante-Valor, structure collaborative entre la recherche publique et les industries impliquées dans l'amélioration génétique des plantes cultivées, pour les questions relevant de la gestion de la propriété intellectuelle.

Il rassemble un large partenariat public-privé, réunissant organismes de recherche, sociétés semencières, représentants de filières, instituts techniques et pôles de compétitivité.

## POUR ALLER PLUS LOIN....3 RÉSULTATS DE RECHERCHE OBTENUS À CE JOUR

*Quelle que soit la discipline, les travaux de recherche nécessitent un effort d'une dizaine d'années avant leur traduction en résultats techniques ou économiques opérationnels. Néanmoins, la mobilisation engagée dès 2006 sur le Tournesol se traduit aujourd'hui par des résultats concrets et valorisés.*

### Le Mildiou

*Vers une résistance plus durable des variétés de tournesol au mildiou*

Le mildiou du tournesol est le cousin de celui mieux connu de la vigne. Depuis l'essor de la culture du tournesol au début des années 70, la lutte génétique contre ce parasite n'a jamais cessé. Comme cela se produit souvent dans des situations analogues, de nouvelles races de mildiou aptes à contourner les gènes de résistance déployés dans les variétés de tournesol apparaissent régulièrement. Le rythme d'apparition de nouvelles races apparaît cependant de plus en plus soutenu depuis le début des années 90.

De 2008 à 2010 le LIPM a coordonné un projet visant, selon quatre axes de travail, à améliorer la durabilité de la résistance au mildiou.

Le 1er axe visait à développer des ressources génomiques de l'agent pathogène pour disposer d'outils de caractérisation des profils de pathogénicité des différentes races (As sadi et al., 2011). Le second axe a consisté en l'exploration de ces ressources génétiques pour en identifier les nouvelles sources de résistance. Le 3eme axe s'est focalisé sur la caractérisation d'un locus nouveau de résistance quantitative (Vear et al., 2008, Vincourt et al., 2012). Enfin le dernier axe avait pour but la compréhension de l'organisation et la dynamique des gènes de résistance. Ces travaux ont permis d'identifier au moins trois nouvelles sources de résistance.

#### Références :

Vincourt, P., As Sadi, F., Bordat, A., Langlade, N., Gouzy, J., Pouilly, N., Lippi, Y., Serre, F., Godiard, L., Tourvieille de Labrouhe, D., Vear, F. (2012) Consensus mapping of major resistance genes and independent QTL for quantitative resistance to sunflower downy mildew Theor.Appl.Genet. DOI: 10.1007/s00122-012-1882-y

As-Sadi, F., Carrere, S., Gascuel, Q., Hourlier, T., Rengel, D., Le Paslier, M-C, Bordat, A., Boniface, M-C., Brunel, D., Gouzy, J., Godiard, L.\* , Vincourt, P.\* (2011). Transcriptomic analysis of the interaction between *Helianthus annuus* and its obligate parasite *Plasmopara halstedii* shows single nucleotide polymorphisms in CRN sequences. BMC Genomics 12:498.

## Construction d'un biomarqueur

*Construction d'un biomarqueur pour évaluer le statut hydrique du tournesol*

Le manque d'eau est une des causes majeures de la perte de rendement des espèces de grande culture. L'étude de la tolérance à la sécheresse du tournesol est donc une cible cruciale pour la recherche publique comme pour les entreprises de la sélection variétale. Pour parvenir à ce but, des outils performants d'évaluation du niveau de stress hydrique subi par le tournesol sont nécessaires. Ceci est d'autant plus important que les mesures environnementales et physiologiques actuellement utilisées ne sont pas totalement adaptées à des études génétiques, qui font appel à des populations d'effectif important.

Des travaux précédemment conduits au sein du LIPM (Rengel et al., 2012) avaient montré une variation du niveau d'expression de certains gènes en réponse à une contrainte hydrique. Les nouvelles recherches, menées dans le cadre des travaux de thèse de Gwenäelle Marchand, explorent particulièrement ceux de ces gènes qui expriment une réponse analogue quelque soit la variété. Cette réponse reflétant le stress subi par la plante, sa mesure peut servir à la construction d'un nouveau type de marqueur : un biomarqueur, indicateur des changements métabolique ou chimique de la plante en lien avec l'état de son environnement.

Le développement d'un outil de ce type apparait comme une solution prometteuse pour l'évaluation de la contrainte hydrique, et ces travaux ont permis l'élaboration d'un biomarqueur s'appuyant sur le niveau d'expression de trois gènes. Ce nouvel outil permettra de constituer une valeur de référence dans les études visant à évaluer la variabilité des réponses génétiques à la sécheresse, et ce, à la fois pour les variétés existantes de tournesol comme pour les prototypes que les projets du pôle visent à construire.

### Références :

Marchand G., Mayjonade B., Varès D., Blanchet N., Boniface M.C., Maury P., Adrianasolo F.N., Debaeke P., Casadebaig P., Piquemal J., Vincourt P, Langlade N. (2013) A Gene Expression Biomarker Reflects Drought Stress Intensity in Controlled and Natural Environments. International Plant & Animal Genome XXI / January 12-16, 2013 - San Diego, CA, USA

## Le modèle de culture SUNFLO

*Anticiper la réponse du tournesol à des variations de la ressource en eau*

Pour prévoir la réponse du tournesol à toute variation de la ressource en eau (eau du sol, pluie, irrigation), le modèle de simulation SUNFLO a été développé par l'équipe VASCO de l'UMR AGIR, en collaboration avec le CETIOM.

Après phénotypage en serre et au champ, toute nouvelle variété est résumée par douze paramètres phénologiques (durée de la phase post-floraison), morphologiques (surface foliaire) et physiologiques (vitesse de fermeture des stomates...), qui interviennent dans la réponse à un scénario hydrique. La situation culturale est renseignée par le climat journalier, la réserve en eau du sol, la densité de peuplement, les apports d'azote et d'irrigation.

À l'aide de ce modèle, validé sur une importante base de données, des expérimentations numériques «virtuelles» ont été conduites pour confronter différentes variétés à une gamme de climats, de sols et de conduites culturales. Il est apparu ainsi que des variétés à fermeture précoce des stomates sont à privilégier dans des milieux où la contrainte hydrique s'exerce précocement et de façon prolongée (ex. sols superficiels du Sud-Ouest). À l'inverse, en milieu plus favorable, il convient de favoriser l'ouverture stomatique au détriment de la conservation de la ressource en eau.

La réponse du rendement du tournesol à une variation d'un caractère variétal (précocité, surface foliaire, fermeture stomatique...) dépend ainsi de l'environnement hydrique plus ou moins favorable. Ce modèle a permis d'évaluer l'intérêt de certains caractères dont la variabilité génétique était connue mais pas l'importance à l'échelle du cycle de culture, et de vérifier qu'une variété longtemps leader sur le territoire national possédait précisément les caractéristiques de la variété virtuelle jugée la mieux adaptée en moyenne (cycle demi-tardif, fermeture stomatique précoce).

### Références :

CASADEBAIG P., Guilioni L., LECOEUR J., Christophe A., CHAMPOLIVIER L., DEBAEKE P., 2011. SUNFLO, a model to simulate genotype-specific performance of sunflower crop in contrasting environments. *Agricultural Forest Meteorology* 151, 163-178.





147 rue de l'Université  
75338 Paris - Cedex 07  
France

Tél. : +33(0)1 42 75 90 00  
Fax : +33(0)1 42 75 90 00  
[www.inra.fr](http://www.inra.fr)

