

## Dans ce numéro

### Editorial p.2

Jean-Christophe Dantonel – Directeur de programme santé, biotechnologies au Commissariat Général à l'Investissement

### Vie du projet : p.3

3<sup>ème</sup> réunion annuelle  
International Wheat Innovation Workshop  
Résultats obtenus durant la 3<sup>ème</sup> année

### Focus sur : p.4-5

Phénotyper la réponse du blé aux contraintes majeures du changement global

### Coopérations : p.6

Formation Sélection Génomique  
Wheat Improvement Strategic Programme - WISP

### Agenda : p.7

# Jean-Christophe Dantone

Directeur de programme santé, biotechnologies au  
Commissariat Général à l'Investissement



Concilier sécurité alimentaire de 7 milliards d'individus et préservation de ressources fossiles limitées et de l'environnement est un défi majeur pour notre planète.

La France a cependant des atouts indéniables : nous sommes un acteur mondial du secteur agroalimentaire, ce dernier contribue positivement depuis des années à notre balance commerciale, notre recherche et nos industriels sont reconnus mondialement... C'est cette conviction profonde qui a conduit le programme des Investissements d'Avenir à financer des projets ambitieux associant l'excellence de nos instituts de recherche pour la sélection variétale avec des entreprises dynamiques contribuant à la compétitivité de notre pays.

De cette conviction, est né le projet **BreedWheat**, sélectionné par un jury international après une évaluation rigoureuse, et financé pour 9 ans et 9 millions d'euros. 4 ans après son lancement, je dois dire que BreedWheat est au rendez-vous de son ambition mais surtout de ses engagements. Sur la génomique du blé, les nouvelles puces sont là, à la disposition de la communauté scientifique. Sur le plan international, les coopérations s'accroissent telle celle avec le projet britannique WISP. Ce sont autant de signaux positifs qui montrent la capacité du projet à avoir un impact positif sur la production future des ressources agricoles.

L'enjeu pour BreedWheat va donc être de maintenir la dynamique qui s'est installée. Comme nous l'avons fait depuis 2010, le commissariat général à l'investissement continuera à accompagner BreedWheat pour veiller au respect des engagements et objectifs initiaux et s'assurer ainsi de la réussite finale du projet. Parmi nos points d'attention, nous attendons notamment beaucoup de BreedWheat en matière de collaboration avec d'autres projets des investissements d'avenir tels qu'Amaizing et Phenome.

Enfin, c'est sur la valorisation économique que BreedWheat sera dorénavant attendu. C'est bien le rôle primordial des partenaires industriels de démontrer par leurs investissements dans BreedWheat leur capacité à transformer l'innovation en activité économique et en emploi.



Liberté • Égalité • Fraternité  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE



## Le Commissariat Général à l'Investissement

Autour de Louis Schweitzer, commissaire général à l'investissement depuis 2014, une petite équipe de 30 personnes s'occupe de la cohérence, du suivi et de l'évaluation du programme des investissements d'avenir. Le CGI rend régulièrement des comptes au gouvernement et au parlement sur l'avancée et les réalisations du programme ainsi qu'à un comité de surveillance présidé par les initiateurs du programme, Michel Rocard et Alain Juppé. Au quotidien, le CGI suit les projets et rappelle à chacun les ambitions initiales et les retombées scientifiques, techniques et économiques attendues.

Pour en savoir plus :

<http://www.gouvernement.fr/le-commissariat-general-a-l-investissement>



La 3<sup>ème</sup> réunion annuelle du projet BreedWheat s'est déroulée du **12 au 14 novembre 2014 au siège de la société RAGT** basée à Rodez. L'évènement a été organisé par l'UMR GDEC (INRA-UBP), INRA Transfert, RAGT 2n et RAGT semences. Environ 95 personnes ont participé à cette réunion qui a permis de faire le point sur les résultats obtenus au cours de la 3<sup>ème</sup> année du projet dans les différents lots de travaux.



Consortium BreedWheat

Cette réunion annuelle était également l'opportunité d'organiser la 4<sup>ème</sup> réunion de l'assemblée générale avec les représentants de chaque partenaire du projet (et plusieurs membres invités) afin de discuter de points stratégiques et politiques tels que les interactions potentielles avec d'autres programmes scientifiques ou instituts européens et l'ajout d'une Enabling Technology.

## International Wheat Innovation Workshop

La première conférence internationale de BreedWheat se **tiendra les 16 et 17 novembre prochains à Clermont-Ferrand**. Ce colloque vise à faire connaître à la communauté scientifique et semencière les principales avancées sur la génomique, la génétique et l'écophysiologie de l'adaptation du blé aux contraintes majeures.

A l'initiative du projet français, la conférence permettra également de réunir les projets et équipes qui travaillent sur le blé tendre dans le cadre des grands projets nationaux (WISP – Grande Bretagne, CRP-Wheat – Programme international coordonné par le CIMMYT, ProWeizen – Allemagne) ainsi que l'IWGSC (consortium international de séquençage du blé) et la Wheat Initiative pour discuter des résultats acquis et envisager des collaborations.

## Résultats obtenus durant la 3<sup>ème</sup> année

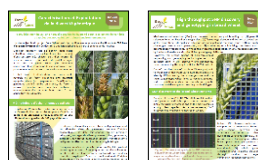
A ce jour, le projet BreedWheat a créé une puce contenant **420 000 marqueurs SNP** et génotypé environ **7 200 accessions**. Une carte consensus comprenant plus de 140 000 SNP a été construite, **l'une des cartes génétiques avec la plus haute densité jamais produites chez le blé**. La quantification d'ARN à 11 stades de développement du grain a permis d'identifier plusieurs ensembles de gènes dont l'expression est modulée par la température. Quatre isolats de Septoriose ont permis de discriminer des cultivars portant le gène de résistance généralisé Stb6 et d'identifier 15 variétés résistantes à ces isolats.

**Vingt-cinq essais en champ ont été conduits sur trois années** et toutes les données sont en cours de collecte, analyse et intégration. Un nouveau panel de 500 blés d'hiver est en cours de sélection parmi les 4 600 lignées de blé représentant la diversité mondiale.

Plusieurs partenaires poursuivent leurs efforts dans le **développement de 9 populations recombinantes**. La chaîne d'analyse appelée BWGS (BW Genomic Selection), bien qu'en cours de développement, est déjà utilisable par les partenaires semenciers du projet. Les stades de développement du blé ont été simulés avec 5 scénarios climatiques, présents et futurs, pour définir des idéotypes adaptés. Une évaluation des coûts générés par la sélection généalogique et la sélection haploïde doublé a été effectuée. Les développements sur le **système de gestion des données BreedWheat** (BW Information System) ainsi que l'intégration de nouvelles données ont été effectués.

## Communication depuis le lancement du projet

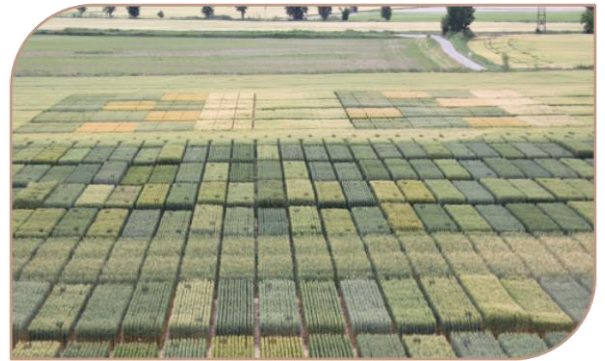
- 85 articles de presse
- 45 congrès et manifestations
- +12 000 visites du site [www.breedwheat.fr](http://www.breedwheat.fr)
- 2 livrets publiés
- Caractérisation et exploitation de la diversité génétique (en FR et EN)
- High throughput SNP discovery and genotyping in bread wheat (en EN)



# Phénotyper la réponse du blé aux contraintes majeures du changement global

Les défis de l'agriculture de demain sont définis par une augmentation de la population mondiale qui entraîne le besoin **de multiplier par deux les rendements en grain du blé** dans les décennies à venir. Ceci doit se faire dans un **contexte de changement climatique et d'économie d'intrants** pour des raisons économique et environnementale.

Pour faire face à ces enjeux, différentes approches sont mises en œuvre dans le cadre de BreedWheat afin de mettre à disposition des sélectionneurs des outils permettant de guider leurs sélections **vers des blés plus tolérants aux stress liés au climat ou aux maladies et valorisant au mieux les apports d'azote.**



## Un phénotypage précis



Cartographie des essais BreedWheat

Afin d'être en mesure de disposer de tels outils, il est nécessaire de mettre en œuvre des méthodologies permettant d'identifier les éléments de la plante qui la rendent sensible ou résistante à un stress.

Pour cela, BreedWheat a mis en place **un réseau d'essais sur trois ans regroupant 25 essais réalisés par les partenaires du projet.** Ces essais visent à expérimenter en plein champ **une collection de 220 variétés de blé d'hiver** et de noter les différences de réponse de celles-ci aux stress. Par exemple, cette collection peut être semée sur un sol peu profond, dans une région où les précipitations sont généralement limitées et sans irrigation afin de déterminer, parmi ces 220 variétés, quelles sont celles qui résistent le mieux au stress hydrique.

Ce premier niveau d'information est primordial car il permet aux sélectionneurs **d'identifier des variétés intéressantes à utiliser en sélection.** Pour cela, un ensemble d'éléments sont mesurés : les phénotypes qui tracent le vécu et le ressenti de la plante. Par exemple, son rendement en grain final, la taille et le poids des grains qui traduisent la vie de la plante au cours de la saison.

Le phénotypage, action de collecter les phénotypes, est donc un élément important dans le cadre de ces essais qui requiert précision et une forte implication des partenaires.

Vingt-cinq essais ont été conduits pendant 3 ans en ciblant différents objectifs : **adaptation des plantes à la sécheresse, à une réduction de la fertilisation azotée et à une attaque de maladies du feuillage et de l'épi** (fusariose et septoriose). Les stress appliqués sont ceux rencontrés communément en France et qui aboutissent classiquement à une **réduction du rendement de 20 à 30%**. Pour une analyse précise, l'environnement de chaque essai est aussi caractérisé. Les données météorologiques sont enregistrées pendant toute la durée de l'expérimentation et les caractéristiques du sol sont mesurées.

Sur ces trois années, c'est environ **700 000 données qui ont été acquises**. Pour pouvoir les utiliser efficacement elles sont validées, formatées et stockées dans une base de données. Cette étape permet de conserver les données de façon sécurisée sous un format standard et facilement accessible.

Ces données phénotypiques **sont ensuite mises en lien avec les marqueurs moléculaires** (cf. [Lettre d'information n°2](#)) afin d'identifier les gènes responsables de la résistance/sensibilité aux stress. Les marqueurs moléculaires sont alors des balises du génome permettant de déterminer si une variété sera sensible ou résistante à une maladie, à un stress hydrique, à un manque d'azote, etc. La combinaison de plusieurs marqueurs permettra aux sélectionneurs de cibler les plantes les plus intéressantes car possédant les allèles favorables, c'est-à-dire les versions des gènes permettant d'être les plus performantes.

### Vers le phénotypage à haut débit

Le **phénotypage en champs** nécessite donc de disposer de surfaces de terrain permettant de recevoir un grand nombre de parcelles de blé à évaluer. Jusqu'à maintenant cela a été réalisé dans des champs « classiques » mais une nouvelle génération de plateformes en condition semi-contrôlées se développe.

Deux de ces plateformes sont en cours d'installation chez Arvalis (PhenoField) et à l'INRA dans le cadre du projet Phenome ([www.phenome-fppn.fr](http://www.phenome-fppn.fr)). Ce sont des systèmes automatisés pouvant abriter les cultures à façon, et ainsi permettre, par exemple, de les carencer en eau pour aboutir à un stress hydrique dans la période physiologique choisie. Les analyses de sol sur l'ensemble de la plateforme permettent aussi d'appréhender les hétérogénéités et ainsi compenser les apports hydrique et azoté.

Ces structures portent **aussi un grand nombre de capteurs** permettant de suivre l'état physiologique/agronomique de la plante ainsi que les paramètres climatiques qui permettent de caractériser finement le stress ressenti par la plante.



Plateforme PhenoField

Ce nouveau type de mesures par capteurs peut être réalisé de nombreuses fois au cours de la culture et permet ainsi d'accéder à des cinétiques, de visualiser les différences d'évolution des plantes **et de déterminer ainsi les périodes clés de l'établissement du rendement, de la résistance aux stress, etc.**

L'enjeu est de pouvoir analyser ce nouveau type de données car ces capteurs génèrent des données pour lesquelles il faut **développer les outils d'analyse et de compréhension**. D'autre part, la masse de données générées est très importante et demande une adaptation pour son traitement et son stockage. *In fine*, l'utilisation de ces plateformes sur la prochaine saison (2015-2016) permettra de disposer de données phénotypiques précises et ainsi d'accéder à de nouveaux traits d'intérêt non mesurés auparavant (sénescence, biomasse...), mais également de piloter l'essai en fonction des conditions météorologiques et de l'objectif de l'essai, ce qui n'est pas possible en champ « classique ».

### Utilisation pour le projet BreedWheat et échanges de données avec d'autres projets



Parcelles d'essais blé tendre BreedWheat

Au final, l'obtention de données phénotypiques fiables et la caractérisation de l'environnement sont des **paramètres clés dans l'étude de la diversité génétique de la réponse aux stress** sur notre panel de 220 variétés. BreedWheat a mis en place un réseau de 25 essais et produit un jeu de données phénotypiques important afin de répondre aux besoins de la filière.

Cette ressource est enrichie de données produites par d'autres projets. Ainsi, des données obtenues sur le même panel par des projets ANR ou FSOV ([www.fsov.org](http://www.fsov.org)) ont été mutualisées. Les résultats générés devraient permettre d'aboutir à des **variétés répondant aux nouveaux standards de demain : un rendement élevé avec des apports en intrants raisonnés et pouvant faire face aux nouvelles conditions climatiques à venir.**



# BreedWheat : Un projet qui coopère

### Formation Sélection Génomique



Une session de formation avancée sur la sélection génomique a été co-organisée par les deux projets Investissements d'Avenir **BreedWheat** et **PeaMUST** à Dijon du 10 au 12 décembre 2014.

Cette formation a donné aux chercheurs et ingénieurs impliqués dans la sélection de plantes une base solide dans l'utilisation des dernières méthodes des nouvelles technologies de sélection : **la sélection génomique**.

Cette formation a abordé les aspects théoriques et pratiques suivants :

- Introduction aux méthodes de sélection génomique, comparaison entre pois et blé
- Méthodes statistiques utilisées pour la sélection génomique
- Travaux pratiques 1 : Outils R pour la sélection génomique
- Travaux pratiques 2 : Facteurs influençant la précision des prédictions en sélection génomique
- Application de GnpIS-SG
- Méthodes de prise en compte des interactions génotypes-environnement en sélection génomique
- Optimisation des populations de référence
- Temps d'échange sur les conditions pour faciliter et réussir l'utilisation des méthodes de sélection génomique



INRA Dijon

#### ORGANISATEURS :

Anne-Lise Brochot (chef de projet PeaMUST)  
Emmanuelle Legendijk (chef de projet BreedWheat)  
Annabelle Larmure (responsable de tâche PeaMUST)  
Mathieu Siol (impliqué dans le projet PeaMUST)  
Gilles Charmet (responsable du WP4 de BreedWheat)

#### PARTICIPANTS

- 32 personnes ont participé à cette formation :
  - 7 personnes du projet PeaMUST,
  - 15 personnes du projet BreedWheat,
  - 10 personnes impliquées dans les deux projets.

Les participants venaient de plusieurs milieux professionnels :

- Semenciers (Agri-Obtentions, Bayer, Caussade semences, Limagrain, Momont, RAGT2n, Syngenta, Vilmorin)
- Recherche (INRA)
- Transfert de technologie (Wellience),
- Expérimentation variétale (GEVES)
- Institut technique (Arvalis)

### Wheat Improvement Strategic Programme - WISP



Financé par le BBSRC (équivalent anglais de l'ANR) et coordonné par le Dr Graham Moore, le **projet anglais WISP** (Wheat Improvement Strategic Programme) regroupe des chercheurs de cinq organisations (John Innes Centre, National Institute for Agricultural Botany, University of Nottingham, University of Bristol and Rothamsted Research).

Il a pour objectif de **créer et caractériser de nouvelles ressources végétales permettant d'améliorer le blé** pour sa tolérance aux facteurs limitants. Il est ainsi très complémentaire des actions menées dans BreedWheat.

Une troisième réunion BW-WISP s'est tenue au siège d'INRA-Transfert le 26 novembre à Paris avec l'ensemble des responsables de volets des deux projets. Elle a été suivie par une réunion des responsables bio-informatique le 27 novembre. Cette rencontre a permis à chacun de présenter les avancées dans son domaine, de faire le point sur les échanges de données qui avaient été proposés et d'identifier les nouvelles possibilités de collaborations autour du génotypage, du phénotypage, de la bio-informatique et de la formation.



Dr. Graham Moore

# Save the date!

## International Wheat Innovation Workshop

Les 16 et 17 novembre 2015

Centre Diocésain de Pastorale (Clermont-Ferrand)



Inscription à partir de mai 2015

Session 1

Monday 16th November - morning

**Wheat genomics and sequencing**

Session 2

Monday 16th November - afternoon

**Target traits and modelling**

Session 3

Tuesday 17th November - morning

**Pre-breeding, genetics and association studies**

Session 4

Tuesday 17th November - afternoon

**Data base management**

### 25 au 27 mai 2015 - ISF World Seed Congress 2015

Le congrès ISF World Seed 2015 se tiendra à Cracovie, Pologne. Vous avez jusqu'au 7 mai 2015 à 13h pour vous inscrire.

Pour plus d'informations : [www.worldseedcongress2015.com](http://www.worldseedcongress2015.com)



ISF World Seed Congress 2015  
Kraków | Poland | 25-27 May

### 24 et 25 juin 2015 – Les Culturelles 2015

Les Culturelles 2015, le salon des innovations pour les grandes cultures aura lieu à Villers-Saint-Christophe (Aisne). Pour cet événement, Arvalis s'entourera de partenaires de la recherche fondamentale, de la recherche appliquée, du développement, de la distribution et de l'agrofourmiture.

Plus d'informations : [www.lesculturelles.com/index.html](http://www.lesculturelles.com/index.html)



### 3 juin 2015 - Exposition Universelle de Milan

La Wheat Initiative présentera son Agenda de Recherche Stratégique dans le Pavillon Italien de l'EXPO 2015 (organisée à Milan) pendant l'évènement « Wheat for the Future - Advancing Wheat Research for Global Food Security » dans le cadre de l'agenda « Feeding the Planet, Energy for Life » de l'EXPO 2015.

Plus d'informations : [www.expo.cnr.it/en/node/69](http://www.expo.cnr.it/en/node/69)



### 8 et 9 Juin 2015 – Conférence DROPS - Eucarpia

Recent progress in drought tolerance: from genetics to modelling

Pour plus d'informations : [www.colloque.inra.fr/drought-tolerant\\_plants\\_2015](http://www.colloque.inra.fr/drought-tolerant_plants_2015)



### 6 au 9 juillet 2015 - JOBIM 2015

Clermont-Ferrand accueille pour la première fois la seizième édition des Journées Ouvertes en Biologie, Informatique et Mathématiques - JOBIM - le rendez-vous annuel de la Communauté Bioinformatique Francophone.

Pour plus d'informations : [www6.inra.fr/jobim2015](http://www6.inra.fr/jobim2015)



### 20 au 25 septembre 2015 – IWC 2015

La 9ème International Wheat Conference aura lieu à Sydney, Australie.

Pour plus d'informations : [www.iwc2015sydney.com/index.php](http://www.iwc2015sydney.com/index.php)



Ce travail bénéficie d'une aide de l'Etat gérée par l'Agence Nationale de la Recherche au titre du programme Investissements d'avenir portant la référence ANR-10-BTBR-03, de FranceAgriMer et du FSOV.



Innovons les céréales de demain



Pour en savoir plus : [www.breedwheat.fr](http://www.breedwheat.fr)

Coordinateur : Dr Jacques Le Gouis, INRA, UMR GDEC  
Jacques.legouis@clermont.inra.fr

Chef de projet : Emmanuelle Lagendijk, INRA Transfert  
emmanuelle.lagendijk@paris.inra.fr

Responsable communication :  
Grégoire-Yves Berthe, Céréales Vallée  
gregoire.berthe@cereales-vallee.org