

**PROJET AGRIDRONES  
REUNION M6  
TERRES INOVIA à Baziège  
9 octobre 2015  
COMPTE-RENDU**

**Participants**

<b>Prénom/nom</b>	<b>Organisme</b>
Franck Brosset	TERRES DU SUD
Matthieu Noël	TERRES DU SUD
Julio Valles	TERRES DU SUD
Stéphane Ballas	OVALIE Innovation
Anne Paulhe-Massol	ARTERRIS Innovation
Adeline Gouzy	ARTERRIS Innovation
Bastien Mancini	DELAIR-TECH
Stéphane Terrenoir	DELAIR-TECH
Matthias Meulien	DELAIR-TECH
Thierry Darbin	INVIVO
Anthony Clenet	INVIVO (SMAG)
Luc Champolivier	TERRES INOVIA
Vincent Lecomte	TERRES INOVIA
Bernard Garric	TERRES INOVIA
Nathalie Verjux	ARVALIS
Mathilde Closset	ARVALIS
Benoît De Solan	ARVALIS
Fabrice Moreau	ARVALIS
Simon Lacroix	CNRS-LAAS
Christophe Reymann	CNRS-LAAS
Frédéric Baret	INRA-EMMAH

**Excusés** : Thierry Veronese Ovalie Innovation.

**Prochaine réunion le 7 avril 2016, lieu à définir.**

Réunion tenue selon ordre du jour.

## 09:15 - Ouverture par TERRES INOVIA

### Introduction par Julio Valles

- Conventions de financement : toutes les conventions FUI ont été signées et les avances versées par BPIFrance. La convention CR Aquitaine pour Terres du Sud a été signée. Les conventions CR Midi-Pyrénées passeront en commission en novembre. Les dossiers ont été remplis et envoyés par Delair-Tech et le Laas. Il n'existe pas encore de convention entre Arvalis et Terres du Sud.
- Communication : rappel des formats à respecter pour les documents écrits. Bonne réactivité des partenaires dans les échanges. Rappel de l'existence d'un site web dédié au projet sur l'extranet du pôle AESE. Chaque personne doit demander ses codes d'accès à Mme. Decavele. Le nouveau nom court du projet est PRECIDRONE suite au vote réalisé par le consortium. Propriété du nom à gérer.
- Rappel des objectifs du projet, du planning général, des objectifs et du planning par lot de travail, et du choix préliminaire de thématiques sur les 4 cultures ciblées.

### Présentation des résultats par lot de travail

#### LT11 et LT31 par Mathilde Closset et Luc Champolivier

- Présentation de l'état de l'art connu des partenaires sur les variables biophysiques et agronomiques, et les modèles de conversion pour les thématiques et cultures ciblées.
- Fertilisation blé : variables biophysiques et agronomiques pour les différents stades phénologiques d'intérêt sont connues. Modèle de conversions biophysique => agronomique connu et prêt à l'utilisation pour le stade « entre 2 nœuds et dernière feuille » seulement. Pour les autres stades, modèles à développer.
- Fertilisation azotée colza : intérêt des coopératives confirmé pour 3 niveaux de conseil. Niveaux 1 et 2, variables biophysiques et agronomiques connues et modèles de conversion à adapter. Terres Inovia étudie l'intérêt et faisabilité niveau 3 pendant le projet à partir d'images drones prise cet hiver.
- Fertilisation azotée du tournesol : intérêt validé. Variables biophysiques et agronomiques connues et modèles de conversion à adapter.
- Fertilisation azotée du maïs : pas d'intérêt.
- Irrigation maïs : plusieurs variables biophysiques et agronomiques connues. Pas d'intérêt de modulation intra-parcellaire. Intérêt de l'imagerie drone si elle permet de recalibrer les modèles agronomiques et bilans hydriques avec des taux de couverture et Kc représentatifs du développement réel de la plante entre la levée et floraison.
- Irrigation du tournesol : variables biophysique et agronomique connues. Modèle à développer.
- Prévisions de rendement pour les 4 cultures au niveau territoire : blé, maïs et colza les modèles existants ne peuvent pas prévoir les rendements. Pour le tournesol, projet CASDAR en cours qui étudie le sujet à partir du modèle SUNFLO de Terres Inovia. Attente résultats du projet en 2016 pour avancer sur le sujet du rendement tournesol.
- Désherbage pour les 4 cultures : pas d'état de l'art existant sur le sujet. Intérêt du drone qui permettra des résolutions suffisamment fines pour cartographier l'enherbement entre les rangs. Les besoins en résolution pourront varier selon les cultures (espacement rang plus ou moins important). L'identification des espèces de mauvaises herbes nécessiterait une résolution sub-centimétrique avec caméra hyperspectrale.

## LT12 par Bastien Mancini

- Présentation de l'état de l'art connu des capteurs optiques à différentes combinaisons de longueurs d'ondes pouvant être embarqués sur drone.
- Classification par bande spectrale : capteurs au silicium pour le visible-proche infrarouge (NIR), capteurs indium-arséniure de gallium pour l'infrarouge court (SWIR) et capteurs microbolomètres pour l'infrarouge thermique (LWIR). Le choix des bandes spectrales est lié aux conditions de prise d'image, au niveau de précision nécessaire et aux applications visées.
- Pour le visible-NIR choix de 4 caméras commerciales de 4 à 7 bandes à des prix abordables et de 2 caméras à plus haute définition à des prix plus élevés. Pour l'infrarouge thermique choix de 2 caméras non refroidies à mesure de T° relative et absolu. De nouvelles caméras refroidies seront disponibles prochainement.

## LT21 par Bastien Mancini

- Présentation de l'état de définition et conception de la plateforme numérique d'échange de données pour les tests de la chaîne de conseil.
- La plateforme est constituée de 3 sites informatiques pour les échanges de données : 1) Delair-Tech pour la gestion des vols, la collecte et le traitement des images et l'extraction des variables biophysiques, 2) Invivo/Smag pour la gestion des commandes, suivi des vols et les modèles agronomiques/OAD, 3) les coopératives pour la centralisation et transmission des données parcelles et le conseil aux techniciens/référents. L'étape d'extraction des variables agronomiques n'est pas définitivement positionnée (sur le site Delair-tech ou Smag). L'extraction des variables biophysiques peut être réalisée avant et sans orthomosaïquage ce qui économise du temps de traitement des images.
- Concernant les échanges de données avec la plateforme numérique, 2 options sont envisageables selon que la conversion des variables biophysiques en variables agronomiques soit réalisée dans la chaîne de traitement des images ou de réalisation du conseil agronomique.
- Identifications de points de vigilance pour différentes fonctions : prise de commande, validation, zonage et conseil parcellaires, observations et mesures terrain et calage terrain des indicateurs drone et OAD.
- Au moins 4 typologies de services sont envisageables en fonction des applications et besoins en conseil : pilotage parcelle déclenché à des dates clés ou planifié sur une période d'intérêt jusqu'à l'apparition du déclencheur, surveillance d'un territoire à partir d'un échantillonnage de parcelles représentatives et intervention suite à un phénomène observé sur le terrain.
- La plateforme numérique doit être fonctionnelle dans une version test pour février 2016.

## LT41 par Thierry Darbin

- Présentation d'un l'état de l'art assez complet des modèles agronomiques et OAD.
- Fertilisation azotée des 4 cultures : pour le blé et colza plusieurs modèles et OAD disponibles à partir d'images de télédétection satellite et drone.
- Irrigation maïs et tournesol : pour le maïs modèles Irréalis d'Arvalis et Bilhydr d'Invivo, règles de décision pour le tournesol et autres modèles à l'étude sur des projets français, notamment pour des mesures de stress hydrique ou d'humidité du sol directes. Aux USA, la pratique de mesures directes de stress hydrique à partir d'imagerie infrarouge se développe.
- Désherbage pour les 4 cultures : plusieurs systèmes de pulvérisation d'herbicides de précision ont été identifiés, notamment à partir de caméras embarquées sur tracteur. Le projet européen RHEA dans lequel a participé l'IRSTEA a développé un

démonstrateur pour la cartographie d'enherbement pour le blé et maïs à partir d'images drones de résolution centimétrique prisent avec deux caméras. La technologie est disponible à d'autres entités hors consortium européen.

- Prévision rendement pour les 4 cultures : nombreux modèles agro-physiologiques existants mais dans l'état non opérationnels pour estimer les rendements avec un niveau de précision suffisant pour les prévisions de collecte qui intéressent les coopératives.
- Questionnement spécifique à l'utilisation du drone : avantage/inconvénient technico-économique par rapport aux images satellites, calage des modèles avec des données sol, gestion des variations d'éclairement (a priori possible).

### **LT51 par Franck Brosset**

- Présentation des sites expérimentaux pouvant être mis à disposition par les coopératives et centres techniques (Arvalis, Terres Inovia).
- Choix importants de sites expérimentaux dans les programmes de test des coopératives, distribués sur les territoires couverts : Aude, Haute-Garonne, Gers, Landes, Lot-et-Garonne et Tarn. Chaque site fait l'objet d'un programme expérimental avec de nombreuses modalités de test (variétés x ITK) pour la thématique adressée.
- En plus des sites expérimentaux répartis sur leur territoire, chaque coopérative réalise des tests dans leur ferme expérimentale ou des parcelles agriculteurs dédiées.
- Arvalis et Terres Inovia disposent d'un site de test conjoint sur la plateforme expérimentale En-Crambade dans la Ht-Garonne.
- Delair-Tech souhaiterait avoir les coordonnées GPS des sites expérimentaux des coopératives pour la saison 2016.
- Réflexion préliminaire sur les critères de sélection des parcelles expérimentales pour les tests : critères liés au survol des drones hors couloir aérien, à la possibilité d'avoir du personnel à disposition pour l'observation, mesure et collecte des données terrain, et à la représentativité de la diversité agropédoclimatique des thématiques et cultures visées.

### **Thématique à valider : détection insecte foreur par Stéphane Ballas**

- Présentation de la stratégie de lutte contre les insectes foreurs du maïs et réflexion sur l'intérêt d'un service drone pour améliorer la lutte.
- L'apport éventuel du drone pourrait être de photographier les pièges pour éviter les déplacements sur le terrain. Mais la résolution d'image pour identifier et compter les insectes devrait être très fine (millimétrique). Les pièges pourraient être aussi relevés par webcam. Par ailleurs il existe d'autres moyens de lutte à partir de modèles de prévisions d'attaque.
- Pas d'intérêt.

### **Thématique à valider : diagnostic précoce maladie par Adeline Gouzy**

- Présentation des différentes maladies pour le blé et de la stratégie de lutte d'Arterris à partir de diagnostic sur  $\mu$ parcelles isoristiques réparties sur le territoire de la coopérative.
- Suivi des infections rouille brune, septoriose et oïdium sur blé tendre et virus de la mosaïque sur blé dur sur des  $\mu$ parcelles isoristiques non traitées. Quel niveau de résolution nécessaire pour identifier les différentes maladies ? La mosaïque décolore les feuilles en vert clair/jaune mais l'interprétation peut être biaisée avec le manque de fertilisant azoté.

- Intérêt éventuel pour la mosaïque mais non prioritaire.

### **Thématique à valider : diagnostic peuplement tournesol par Luc Champolivier**

- Présentation de différents niveaux de peuplement à des stades de développements différents. Intérêt à détecter les manquements suffisamment tôt avant que le développement de la plante atteigne un niveau qui masque les trous.
- Il est fort probable que les mêmes outils de prise d'image pour le désherbage soient applicables à la cartographie des manquements dans les rangs. Attente de l'avancement des outils désherbage tournesol pour test sur peuplement.
- Intérêt validé.

### **Thématique à valider : diagnostic peuplement maïs par Mathilde Closset**

- Problématique similaire au peuplement tournesol d'un point de vue de la cartographie.
- Même conclusion que pour le tournesol quant aux perspectives de transfert des outils du désherbage maïs.
- Intérêt validé.

### **Thématique à valider : diagnostic Orobanche post-récolte tournesol par Luc Champolivier**

- Problématique assez ciblée territorialement (sud Tarn-et-Garonne, nord-est Ht-Garonne) mais dégâts et baisses de rendement importants.
- L'objectif serait de diagnostiquer l'état de la parcelle en infection Orobanche en post-récolte de manière à appliquer les traitements adéquats pour la prochaine campagne. Il est donc question de vérifier si l'imagerie drone peut différencier les plants d'Orobanche des cannes de tournesol coupées dans les rangs. Il est fort possible que les outils du désherbage pour le tournesol soient en mesure d'identifier les 2 plantes si la résolution est suffisante.
- Intérêt validé.

### **13 :15 – Déjeuner**

### **14 :00 Choix final des thématiques et cultures à étudier durant le projet**

Le tableau suivant présente le choix final des thématiques et cultures à étudier suite aux états de l'art présentés et aux intérêts manifestés en matinée.

Paramètres	Vision	Blé	Colza	Maïs	Tournesol
Fertilisation azotée	Territoire	Non	Non	Non	Non
	Parcelle	Oui	Oui	Non	Oui
Irrigation	Territoire	Non	Non	Non	Non
	Parcelle	Non	Non	Oui	Oui
Prévision rendement	Territoire	Non	Non	Non	Oui
	Parcelle	Non	Non	Non	Non
Désherbage	Territoire	Non	Non	Non	Non
	Parcelle	Oui	Oui	Oui	Oui
Détection insecte foreur pour le maïs. <b>Non</b>					
Diagnostic précoce pour les maladies. <b>Oui pour la Mosaïque, mais non prioritaire</b>					
Mesure du peuplement pour le tournesol et le maïs à l'échelle territoire. <b>Oui attente résultats outil désherbage</b>					
Diagnostic Orobanche post-récolte pour le tournesol. <b>Oui attente résultats outil désherbage</b>					

Etat de l'art de départ et perspectives de développement pour chaque thématique et culture à étudier

Fertilisation azotée blé		
Étapes	Sortie hiver	2 nœuds à dernière feuille
Capteurs	Caméra multispectrale 4B+ puis sélection meilleures bandes	
Traitement des images	OK	
Algorithme d'extraction variable biophysique	Existant	
Variable biophysique	LAI & LAI.CAB	
Algorithme de conversion variable agronomique	Existant	Modèle Farmstar ARVALIS
Variables agronomiques	Biomasse QN Quantité azote absorbée Quantité de chlorophylle	
Modèle agronomique OAD	Méthode du bilan prévisionnel classique	Méthode QN Arvalis Digitest INVIVO (méthode d'ajustement du complément N en fonction du % chlorophylle)

<b>Fertilisation azotée colza</b>			
<b>Etapes</b>	<b>Entrée &amp; sortie hiver Niveau 1</b>	<b>Entrée &amp; sortie hiver Niveau 2</b>	<b>Montaison Niveau 3</b>
<b>Capteurs</b>	Caméra multispectrale 4B+ puis sélection meilleures bandes		Prises d'images parcelles expérimentales pour étude faisabilité TERRES INOVIA
<b>Traitement des images</b>	OK		
<b>Algorithme d'extraction variable biophysique</b>	INRA à adapter		
<b>Variable biophysique</b>	LAI & LAI.CAB		
<b>Algorithme de conversion variable agronomique</b>	INRA à adapter		
<b>Variable agronomique</b>	Biomasse QN Teneur en Chlorophylle		
<b>Modèle agronomique OAD</b>	Méthode du bilan prévisionnel TERRES INOVIA		

<b>Fertilisation azotée tournesol</b>	
<b>Etapes</b>	<b>1 à 3 mesures du stade 8 feuilles au stade limite de passage du tracteur</b>
<b>Capteurs</b>	Caméra multispectrale 4B+ puis sélection meilleures bandes
<b>Traitement des images</b>	OK
<b>Algorithme d'extraction variable biophysique</b>	INRA à adapter
<b>Variable biophysique</b>	LAI & LAI.CAB
<b>Algorithme de conversion variable agronomique</b>	INRA à adapter
<b>Variable agronomique</b>	Biomasse QN Teneur en Chlorophylle
<b>Modèle agronomique OAD</b>	TERRES INOVIA à adapter

Irrigation maïs		
Etapes	10 feuilles à grains laitex	10 feuilles à grains laitex
Capteurs	Caméra multispectrale 4B+ puis sélection meilleures bandes	Investiguer possibilité mesure stress hydrique à partir de thermographie IR DELAIR-TECH leader
Traitement des images	OK	
Algorithme d'extraction variable biophysique	Existant	
Variable biophysique	FAPAR Fraction of Absorbed Photosynthetically Active Radiation	
Algorithme de conversion variable agronomique	Existant	
Variable agronomique	Taux de couverture végétale $\approx$ LAI ?	
Modèle agronomique OAD	ETM= f(LAI) Modèle Bilhydr INVIVO à reprogrammer	

Irrigation tournesol		
Etapes	1-2 mesures bouton floral 2 cm et début floraison	1-2 mesures de fin floraison à fin floraison +15j
Capteurs	Caméra multispectrale 4B+ puis sélection meilleures bandes	
Traitement des images	OK	
Algorithme d'extraction variable biophysique	INRA à adapter	
Variable biophysique	LAI	
Algorithme de conversion variable agronomique		
Variable agronomique	LAI	
Modèle agronomique OAD	Parcours optimal indice foliaire => arrosage ou pas	ETM= f(LAI) Modèle Bilhydr INVIVO à adapter Travail conjoint INVIVO-TERRES INOVIA-INRA

Désherbage			
Etapes	Interculture	Binage	Post levée Maïs à partir de 6 feuilles Tournesol B2-B4 Colza B4-B6
Capteurs	Caméra multispectrale 4B+ puis sélection meilleures bandes (Choix des bandes et résolution à adapter en fonction des cultures et de la stratégie de désherbage)		
Traitement des images	OK		
Algorithme d'extraction variable biophysique	INRA à développer		
Variable biophysique	Taux de couverture au m2		
Algorithme de conversion variable agronomique	A développer		
Variable agronomique	Densité enherbement inter-rang au m2		
Modèle agronomique OAD	INVIVO à développer		

**Préparation de la feuille de route pour les différentes tâches des 6 prochains mois et en parallèle discussion de l'accord de consortium en comité restreint**

**Accord de consortium**

- Révision des articles relatifs à la propriété intellectuelle et l'exploitation des résultats.
- Discussion des modifications apportées sur les tableaux relatifs à la PI et à l'exploitation des résultats. Accord des partenaires acquis. Modifications mineures à apporter aux lignes LT43.
- Discussion des conditions d'exploitation favorables demandées par les coopératives. Les partenaires qui seront prestataires de services après le projet (Delair-Tech et Invivo) sont d'accord sur le principe de concession d'exclusivité temporaire sur les territoires des coopératives en échange d'un engagement de ces dernières à acheter les prestations. Rajouter cette notion de contrepartie et préciser la notion de territoire couvert par les coopératives dans l'article. Concernant, la demande de conditions tarifaires préférentielles par rapport aux coopératives concurrentes, cette notion étant difficile à préciser et à mettre en œuvre, elle est abandonnée.
- Julio Valles met à jour l'accord sur ces aspects là et envoie une nouvelle version aux partenaires.

### Elaboration des feuilles de route

<b>LT13 Développement des solutions drone-capteur - leader DELAIR-TECH</b>	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars
LT131 – DELAIR-TECH & INRA révisent choix capteurs par thématique et culture		◆				
LT132 – DELAIR-TECH adapte les systèmes drones pour embarquer les capteurs sélectionnés						
LT133- DELAIR-TECH & INRA caractérisent les sols						

<b>LT14 Etude et développement des scénarii de déploiement des drones – leader LAAS</b>	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars
LT141 – LAAS étudie bibliographie						
LT142 – LAAS modélise le problème de l'acquisition des informations par le drone						

**Attente du recrutement d'un post-doc pour lancer le LT15 – Etude de l'apport des télémètres laser.**

<b>LT22 – Développement des logiciels de traitements d'images – leader DELAIR-TECH</b>	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars
LT221 - DELAIR-TECH développe l'infrastructure informatique pour héberger les traitements						
LT222 - DELAIR-TECH implémente les traitements						
LT223 – INVIVO déploie la plateforme SMAG en pré-production						
LT224 – INVIVO & les coopératives démarrent l'utilisation de la plateforme d'échange avec la fertilisation blé						

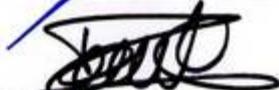
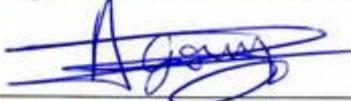
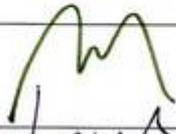
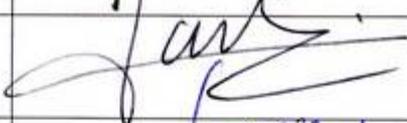
<b>LT32 – Développement des algorithmes d'extraction des variables biophysiques – leader INRA</b>	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars
LT321 – INRA caractérise les propriétés optiques des feuilles de tournesol et colza						
LT322 – INRA établit les spécifications des algorithmes par rapport aux capteurs choisis						
LT323 – INRA choisit les résolutions optimales pour le désherbage des 4 cultures et le peuplement maïs-tournesol						

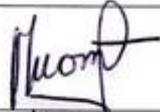
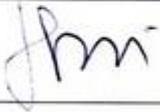
**Démarrage LT33 – Développement des logiciels d'extraction des variables biophysiques leader DELAIR-TECH dès que résultats algorithmes d'extraction du LT32 disponibles.**

Lancement doodle pour réunion élaboration feuille de route LT52 – Définition des programmes expérimentaux.

**17:30 – Fin de la réunion**

**PROJET AGRIDRONES-SERVICES**  
**REUNION M6**  
**TERRES INOVIA à Baziège**  
**9 octobre 2015**  
**Feuille d'émargement**

Prénom/nom	Organisme	Signature
Franck Brosset	TERRES DU SUD	
Matthieu Noël	TERRES DU SUD	
Julio Valles	TERRES DU SUD	
Stéphane Ballas	OVALIE Innovation	
Anne Paulhe-Massol	ARTERRIS Innovation	
Adeline Gouzy	ARTERRIS Innovation	
Bastien Mancini	DELAIR-TECH	
Stéphane Terrenoir	DELAIR-TECH	
Matthias Meulien	DELAIR-TECH	
Thierry Darbin	INVIVO	
Anthony Clenet	INVIVO (SMAG)	
Luc Champolivier	TERRES INOVIA	

Vincent Lecomte	TERRES INOVIA	
Bernard Garric	TERRES INOVIA	
Nathalie Verjux	ARVALIS	
Mathilde Closset	ARVALIS	
Benoît De Solan	ARVALIS	
Fabrice Moreau	ARVALIS	
Simon Lacroix	CNRS-LAAS	
Christophe Reymann	CNRS-LAAS	
Frédéric Baret	INRA-EMMAH	