549225
CD_RP17434A

Mission DAR

N° du projet : Conv 05 AAP 331

Titre du projet :

AGRIDRONE : Utilisation de capteurs embarqués sur drone pour caractériser l'état hydrique et nutritif des cultures ; application à la canne à sucre sur le site pilote de l'île de La Réunion

COMPTE RENDU FINAL DU PROJET

Organisme chef de file : CIRAD

Nom et organisme du chef de projet : Agnès BEGUE (CIRAD, UMR TETIS)

Co-auteurs :
Valentine Lebourgeois (CIRAD), Marion Houlés (CIRAD), Pascal Degenne (CIRAD), Sylvain Labbé (Cemagref), Stéphane Dupuy (CIRAD), Bruno Roux (Avion Jaune)

CIRAD-DIST
Unité bibliothèque
Lavalette
000099609

Table des matières

A - Note synthétique 3
B - Compte rendu technique détaillé 5
I – Les modalités d'organisation 6

II - Les partenariats : 10

III – Le déroulement du projet 11
Action 0 Gestion du projet 12
Action 1 / Tâche 1 : Analyse des besoins 13
Action 1 / Tâche 2 : Campagne de mesures sur parcelles expérimentales 16
Action 1 / Tâche 3.1. Traitement des images aéroportées 18
Action 1 / Tâche 3.2. Indicateurs agronomiques 20
Action 1 / Tâche 4 Campagne de mesures en milieu réel 21
Action 1 / Tâche 5 Réalisation des produits cartographiques 22
Action 2 / Tâche 1 Prototype d'un système de diffusion des données 24
Action 2 / Tâche 2 Valorisation des produits 26
Action 2 / Tâche 3 Séminaire de restitution 28
Action 2 / Tâche 4 Proposition d'un service opérationnel 31

IV – Les modalités de valorisation du projet 32

V – Les perspectives 34

C - Compte rendu financier 35
D - Annexes 36

Annexe 1 : Questionnaire sur l'analyse des besoins 37
Annexe 2 : L'expérimentation de La Mare 2006-2007 38
Annexe 3 : Bilan de campagne de mesures aéroportées 2006-2007 40
Annexe 4 : Matériel de communication 42
Annexe 5 : Séminaire final 43
Annexe 6 : Plaquette de l'offre de service 46
Annexe 7 : Papiers et communications 47

A - Note synthétique

Le contexte du projet

Les enjeux économiques et environnementaux de l'agriculture raisonnée sont aujourd'hui largement reconnus. Le suivi spatio-temporel de l'état nutritionnel, hydrique ou sanitaire des couverts végétaux est un élément clé dans la prise de décision sur les interventions culturales. Cependant, l'utilisation de la télédétection peine à se développer en agriculture en raison 1. de limitations techniques dues à l'adéquation spatiale, temporelle et thématique des produits développés aux besoins des producteurs et 2. du manque de formation et d'information des professionnels agricoles.
Des évolutions techniques et méthodologiques dans le domaine des capteurs visible, infrarouge et thermiques (miniaturisation) et des vecteurs (ULM, drones) ouvrent aujourd'hui la voie à un suivi régulier des cultures, non destructif, spatialement explicite, mobilisable à la demande et peu coûteux.

Les enjeux de la canne à sucre à La Réunion

La multi-fonctionnalité de la canne à La Réunion est une réalité et les enjeux liés au maintien de cette culture dans cette région sont nombreux : **enjeux territoriaux** (maintien des surfaces en canne face à la forte urbanisation, développement de la culture dans l'Ouest par une meilleure gestion des besoins en eau, identité et attractivité du paysage), **enjeux environnementaux** (protection contre l'érosion, préservation de la qualité des sols, économie de l'eau par un usage raisonné de l'irrigation, source d'énergie renouvelable, potentialités en matière de recyclage des déchets, ...) et **enjeux économiques et sociaux** (augmentation de la productivité pour le maintien de la filière canne et des milliers d'emplois associés, ...).
C'est dans ce contexte fortement contraint, que nous avons élaboré le projet AGriDrone, avec pour objectif de faire la démonstration de la faisabilité technique et économique d'un moyen léger de caractérisation spatio-temporelle de l'état des cultures aux échelles parcellaire et de l'exploitation, pour l'aide à la décision pour la planification des travaux agricoles ou des interventions localisées d'urgence, ou pour l'aide à l'évaluation du rendement potentiel ou des estimations de dégâts.

Le public visé

Les produits et services d'AgriDrone s'adresse à différents maillons de la filière canne : des planteurs aux services de l'état, en passant par les opérateurs techniques de conseil agricole. Le public cible semble cependant être les techniciens de la Chambre d'Agriculture qui allient la connaissance du terrain et un haut niveau de technicité leur permettant d'interpréter les images aériennes en terme de recommandations agronomiques.

Synthèse des résultats obtenus

Les résultats obtenus sont d'ordre techniques, scientifiques et socio-économiques.
Les principaux résultats techniques concernent : la mise au point d'un protocole d'acquisition de photographies aériennes multispectrales (visible, proche infrarouge et infrarouge thermique) à partir de capteurs à faible coût embarqués à bord de véhicules aérien légers (ULM) ; la mise au point d'une méthodologie de corrections radiométrique et géométrique ; le développement d'un outil gratuit de diffusion des produits ; la production de matériel pédagogique pour les lycées.
Les résultats scientifiques sont essentiellement centrés sur le développement de méthodes permettant de transformer le rayonnement mesuré en paramètres descriptifs de l'état hydrique et nutritionnel des surfaces. Ces méthodes de diagnostic des cultures ne sont pas totalement opérationnelles à l'heure actuelle, car elles nécessitent des validations supplémentaires en milieu réel.
Les résultats socio-économiques sont l'élaboration d'un cahier des charges pour des produits d'aide à la gestion de la production cannière, et les coûts associés ; ces produits existent en version « de base » (mosaïques vraies-couleurs, images de température de surface et de développement des cultures, modèle numérique de terrain à haute résolution) et en version thématiques sur l'état des cultures : parcellaire, détection des anomalies de croissance ... Pour être adoptés, ces produits ont besoin d'être connus et testés. L'effort de sensibilisation des professionnels de la filière canne et des décideurs a été soutenu tout au long du projet, par la participation à de nombreuses manifestations grand public, à des manifestations techniques, une présence dans les médias et un séminaire de restitution ouvert aux professionnels réunionnais et aux partenaires étrangers régionaux. A l'heure actuelle, la filière reconnaît l'intérêt de l'approche spatiale dans la gestion de la production ; un service pré-opérationnel pourrait ainsi voir le jour dès 2009 sur l'Ile de La Réunion.

B - Compte rendu technique détaillé

I – Les modalités d'organisation

Conventions avec les partenaires recevant des financements du CAS DAR

Les deux équipes partenaires du projet (l'Avion Jaune et le Cemagref de Montpellier) ont signé en janvier 2006 une convention avec le CIRAD portant sur la gestion du budget « missions » du projet.

Modalités de pilotage :

Comités de pilotage :

1) 21 Avril 2006 : Comme prévu dans la convention, une première réunion du Comité de Pilotage a été effectuée en début du projet à La Réunion lors de la mission de démarrage du projet. Etaient présents :

- Présents : Bertrand CARUEL (exploitant agricole), Olivier PILLOT (DAF), Pierre TESSIER (Sucrière de La Réunion, SFS), Emilie FILLDS (CTICS)
- + Agents CIRAD : Caroline LEJARS, Jérôme MASSOW (VCAT), Christophe POSER, Aurore BURY (VCAT télédétection), Jean-François MARTINE, M. CHABALIER, Lionel LEMEZO.
- Equipe AgriDrone : A. Bégué, S. Labbé, B. Roux, V.Lebourgeois, M.Houles,

Objectifs : Présentation du projet à la filière.
Résultats : Bonne perception du projet par la filière

2) 29 Mai 2007 : A La Réunion

- Extérieurs : P. Pariente (Comité pilotage de la canne), M.Thierry (Usine Bois rouge), P.Rondeau (Usine du Gol), B.Siegmund (CERF), H.Papaiconomou (Chambre d'agriculture), E.Fillols (CTICS), C.Gossard (Chambre d'agriculture).
- + Agents CIRAD : PF.Chabalier, C.Poser, JF.Martiné, Roland Pirot
- + Equipe AgriDrone : V. Lebourgeois, M. Houles

Objectifs : Point sur le déroulement du projet AgriDrone + Etude sur l'analyse des besoins.
Résultats : Avis sur les différents produits envisagés et décision sur les méthodes d'enquêtes (privilégier les entretiens individuels - avec ou sans support - aux questionnaires anonymes, privilégier la qualité à la quantité des réponses).

3) 18 Décembre 2007 : A La Réunion

- Extérieurs : Olivier Pilot (DAF), Francois Brelle (CTICS), …
- + Agents CIRAD : X. Augusseau, P. Marnotte, C. Poser, J-L Chopart
- + Equipe AgriDrone : V. Lebourgeois, M. Houles

Objectifs : Bilan intermédiaire de l'opération AgriDrone (partie Recherche présentée par V. Lebourgeois et partie Services présentée par M. Houles) avant le départ de Valentine Lebourgeois à Montpellier pour la rédaction de sa thèse.

4) 18 Avril 2008 : Table ronde en fin du séminaire Canne08 à La Réunion

- Présents : J. M. Dihnut (SAFER), J .Y. Gonthier (SFSR / SR), C. Gossard (Chambre d'Agriculture), P. Rondeau (SFSR / SR), B. Siegmund (CERF), P. Tessier (Conseil Régional), N. Guilbot (CTICS)
- Excusés : DAF
- + Agents CIRAD : G. Mandret (Directeur Régional), P. Todoroff, J. F. Martiné, C. Poser, P.F. Chabalier
- + Equipe AgriDrone : A. Bégué, S. Labbé, B. Roux, V. Lebourgeois, M. Houles, P. Degenne

Objectifs : Discuter autour des thèmes suivants :

- Quel est l'intérêt des différents organismes de la filière « canne à sucre » à la Réunion pour les produits et applications issus de la télédétection ?
- Si l'intérêt est partagé, comment organiser l'offre de service autour des différents prestataires et utilisateurs ? il s'agit de savoir qui fait quoi, comment et pour qui ?
- Quelles seraient les priorités en matière de recherche pour améliorer ce service ?

Résultats : L'intérêt concernant les produits est confirmé, notamment les produits concernant les surfaces cultivées et la détection/quantification des anomalies de croissance. Cependant, avant de s'engager dans le financement d'un service opérationnel, la filière attend des études prospectives

supplémentaires, notamment sur l'existant en matière de bases de données spatialisées à La Réunion (en cours). Un service de type AgriDrone serait tout à fait envisageable en 2009.

Réunions de travail :
D'autre part, des réunions de travail bi-mensuelles se font à Montpellier entre les principaux partenaires du projet (CIRAD, Cemagref et Avion Jaune) et plus ponctuellement par visio-conférence avec La Réunion pour faire le point sur des actions précises (préparation des campagnes de mesures 2007 et 2008).

Calendrier

- Le projet a démarré en mars 2006, pour une durée de 2 ans (fin prévue : février 2008)
- Le projet a bénéficié d'une prolongation de 4 mois jusqu'en juin 2008 (cf. accord du Ministère par courrier du 3 mai 2007).
- Le calendrier détaillé est donné en Tableau 2.

Tableau de bord de suivi des moyens mis en œuvre

- Moyens humains mis en œuvre dans le projet (Tableau 1)
- Calendrier final du projet (Tableau 2)
- Récapitulatif des mission Montpellier-Réunion et Réunion-Montpellier (Tableau 3)
- Suivi budgétaire
- Le détail des moyens mis en œuvre par tâche est donné dans la partie B - Compte rendu technique détaillé.

	CIRAD-Montpellier		CIRAD-Réunion		Cemagref	Avion Jaune
	Ingénieur	Technicien	Ingénieur	Technicien	Ingénieur	Ingénieur
Gestion du projet	3					
Action I						
1. Analyse besoins			1			
2. Mesures exp.	0.5		3.5	8	1	1
3. Trait./ analyse						
3.1 Données aéroportées	2	1			1	
3.2 Données bio et traitement	2		2			
4. Mesures réel			3.5			0.5
5. Production carto	1	2				
Action II						
1. Dévelp. outil SIG	4					
2. Valorisation	3		1		1	
3. Séminaire	1		1			
4. Offre de service	0.5		0.5			0.5
TOTAL	**17**	**3**	**12.5**	**8**	**3**	**2**

Tableau 1 : Moyens humains (en homme/mois) mis en œuvre dans le projet AgriDrone.

Quelques changements par rapport à la répartition initiale due à :
- *3 mois d'ingénieur qui ont été basculés du CIRAD-Réunion au CIRAD-Montpellier*
- *réplication des mesures expérimentales en 2007 (4 mois de technicien ont été reportés de Action1/Tache 4 à l'Action 1/Tache 2).*

	2006										2007												2008					
Mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J
Action 0 (**P**: Comité de Pilotage)	x	P	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	P	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	P	x	x
Action I																												
1. Analyse besoins														x	x	x	x	x										
2. Mesures parcelles exp.	x	x	x	x	x[1]										x	x	x	x	x									
3. Traitement des données																												
3.1 Traitement des images							x										x	x	x	x								
3.2 Indicateurs agronomiques								x												x	x	x	x	x				
4. Mesures réel		x		x	x			x	x						x	x	x	x										
5. Production carto																							x	x	x			
Action II																												
1. Dévelp. outil SIG															x							x	x		x			
2. Valorisation (**C** : Conférence / **M** : Manifestation)																	M	C	C	x	x	x	x	x	M	M	M	C
3. Séminaire final																							x	x	x	x		
4. Offre de service																										x	x	

[1] Interruption des mesures suite à un vol de matériel

Tableau 2 : Calendrier réalisé/prévisionnel du projet AgriDrone (*En couleur : calendrier prévisionnel lors du dépôt du projet - X : calendrier réalisé.*

Le calendrier est globalement décalé, du à :

- Un démarrage du projet qui a eu lieu en mars 2006 au lieu de janvier 2006 (2 mois de retard)
- Des mesures en milieu expérimental qui n'ont pu être décalées et qui donc ont repoussé l'analyse des besoins
- Une prolongation de 4 mois du projet
- Une réplication des mesures en milieu expérimental en 2007 non prévue initialement

Missionnaire	Objet et dates	Action.Tache
	***2006** : Mission Réunion – Kick-off meeting + mise en place des mesures expérimentales*	
Agnès Bégué (CIRAD)	15 - 26 avril = 10 jours	1.2.
S. Labbé (Cemagref)	15 - 26 avril = 10 jours	1.2.
B. Roux (Avion Jaune)	15 - 27 avril = 11 jours	1.2.
	***2006** : Mission acquisition en milieu réel*	
B. Roux (Avion Jaune)	Octobre : mission annulée (billet non remboursé)	1.4.
	***2006 :** Mission colloque Allemagne*	
P. Degenne	Novembre = 4 jours	2.2
	***2007** : Mission Réunion - Cahier des charges du système de diffusion des données*	
P. Degenne (CIRAD)	1 - 6 mai = 5 jours	2.1.
	***2007** : Mission Réunion - Participation à Cap 2025 + point à mi-parcours*	
Agnès Bégué (CIRAD)	30 juin - 11 juillet = 10 jours	2.2.
S. Labbé (Cemagref)	18 - 29 juin = 10 jours	2.2.
B. Roux (Avion Jaune)	24 juin-4 juillet = 9 jours	2.2.
	***2007 :** Mission Angleterre*	
S. Labbé	Septembre = 2 jours	2.2.
	***2008** : Mission Montpellier (travail)*	
V. Lebourgeois	décembre 07 - mars 08	1.3. (2.)
M. Houles	janv-08	1.3. (2.)
	***2008** : Mission Réunion : Séminaire final*	
Agnès Bégué (CIRAD)	12 – 19 avril = 7 jours	2.3.
S. Labbé (Cemagref)	9 – 19 avril = 10 jours	2.3.
B. Roux (Avion Jaune)	9 – 19 avril = 10 jours	2.3.
P. Degenne (CIRAD)	11 – 19 avril = 8 jours	2.3.

Tableau 3 : Synthèse des missions effectuées dans le cadre du projet.

II - Les partenariats :

Malgré la distance Montpellier-Réunion, le partenariat a très bien fonctionné.

Ce succès peut s'expliquer par la bonne complémentarité des compétences techniques (agronomie / géomatique) et de la localisation géographique (Unité « canne » à La Réunion : proche de la profession – Unité TETIS à Montpellier : Maison de la Télédétection) des équipes partenaires.

Ce succès est également du à la longue pratique du travail en partenariat entre les équipes du CIRAD de Montpellier et celles de La Réunion sur le thème de la télédétection au service de la filière canne (depuis 2000), au lien historique existant entre l'équipe du CIRAD à La Réunion et les professionnels de la canne, et enfin l'équipe du CIRAD à la Maison de la Télédétection et le Cemagref et l'Avion Jaune au travers de l'UMR TETIS ; les compétences respectives des équipes et des personnes étaient bien connues de part et d'autre, et le rôle et l'apport de chaque partenaire ont été conformes à ce qui avait prévu dans le projet :

CIRAD-Montpellier (UMR TETIS) :

- Gestion du projet (gestion du budget et des ressources humaines, organisation du travail, rédaction des rapports)
- Corrections géométriques et radiométrique des images
- Traitement et interprétation des données sur parcelle expérimentale
- Réalisation des produits cartographiques faits à partir des images acquises en milieu réel (mosaïques vraies couleurs, NDVI, MNT)
- Développement du SIG
- Organisation du séminaire final (définition du contenu, contacts avec intervenants, contacts et financement des participants étrangers)

CIRAD-Réunion (UR SCA) :

- Analyse des pratiques et des besoins auprès de la filière canne
- Acquisition des images aéroportées (campagnes ULM)
- Acquisitions des données biologiques et radiométriques sur parcelles expérimentales
- Traitement et interprétation des données sur parcelle expérimentale
- Préparation de données pour le SIG
- Organisation du séminaire final (location salle, réalisation plaquette annonce, liste de diffusion, préparation pochette du colloque)
- Création du site web
- Préparation du matériel pédagogique.

Cemagref :

- Expertise sur la caméra thermique (choix du matériel, étalonnage radiométrique, caractérisation géométrique, mode d'acquisition, format des données, traitement des images, corrections atmosphériques des images) ;
- Expertise sur les GPS et le tracking (choix du matériel, protocole d'acquisition et traitement des données)
- Expertise sur les corrections géométriques des images optiques et thermiques (caractérisation et étalonnage des appareils et mise en géométrie des images).

Avion Jaune :

- Commande et préparation du matériel d'acquisition d'images (appareils photos)
- Mise au point de la plateforme d'acquisition sur ULM
- Formation des agents CIRAD à La Réunion sur l'acquisition des données (drone et ULM)
- Mise au point des protocoles d'acquisition des images (altitude, fréquence acquisition, pré-traitement des images optiques)
- Etablissement du cahier des charges final.

III – Le déroulement du projet

Rappel : le projet est découpé en deux actions distinctes (+ gestion du projet) :

Action 0 : Gestion du projet

Action 1 : Campagne de mesures et développement de produits thématiques cartographiques

- **Tâche 1** : Analyse des besoins
- **Tâche 2** : Campagne de mesures radiométriques et biologiques sur des parcelles expérimentales
- **Tâche 3** : Traitement et analyse des données
- **Tâche 4** : Campagne de mesures radiométriques et biologiques en milieu réel
- **Tâche 5** : Réalisation des produits cartographiques

Action 2 : Diffusion des travaux auprès de la filière et proposition d'un service opérationnel

- **Tâche 1 :** Développement d'un prototype d'outil de diffusion et de manipulation de couches d'information géographique (images, vecteurs ...)
- **Tâche 2 :** Valorisation des produits
- **Tâche 3 :** Organisation d'un séminaire de restitution auprès des acteurs de la filière
- **Tâche 4 :** Proposition d'un service opérationnel.

Rappel des objectifs

Gestion du projet

Méthodes de travail utilisées

- Coordination et suivi des actions
- Organisation des missions
- Rédaction des rapports pour la DAR
- Programmation de la valorisation du projet (posters, communications, papiers scientifiques ...)
- Gestion budgétaire.

Organisation mise en place par le chef de file et chaque réalisateur : travail réalisé, moyens humains, matériels et financiers mobilisés

Moyens humains impliqués :

- 3 mois ingénieur CIRAD-Montpellier

Moyens financiers mobilisés :

	Coût Total	Coût ADAR
3 mois ingénieur CIRAD	23 100	11 550
TOTAL*	**23 100**	**11 550**

* Des actions de coordination et de gestion du projet ont été menées à l'occasion des missions à La Réunion (kick-off meeting, rencontre avec les partenaires, suivi des actions ...). Dans un souci de clarté, ces missions ont été re-ventilées dans les autres Actions.

Etapes et calendrier

Tout au long du projet
Comités de pilotage du 21 avril 2006, 29 Mai 2007,18 Décembre 2007 et 18 avril 2008 (voir les Modalités d'organisation).

Indicateurs de suivi et de réalisation

- Compte-rendu des réunions
- Tableau de temps passé par partenaire (Tableau 1)
- Calendrier final du projet (Tableau 2)
- Tableaux des missions (Tableau 3)
- Tableau des moyens financiers

Action 1 / Tâche 1 : Analyse des besoins

Rappel des objectifs

Analyse des besoins auprès des utilisateurs de la filière (identification des paramètres pertinents pour le suivi de la culture, fréquence, échelle de représentation ...).

Méthodes de travail utilisées

1. Analyse des études existantes sur les pratiques agricoles.
   - Enquête sur les itinéraires agronomiques des planteurs réalisée en 2005 par le Centre Technique Industriels de la Canne et du Sucre (CTICS) :
     - **22 Mai 2007, Cirad La Bretagne (Réunion)**
       Présents : M.Houles (CIRAD), E. Fillols (CTICS) resposable de l'enquête
       Objectifs : synthèse et résumé de l'enquête du CTICS, méthodologie de l'enquête
   - Enquête sur les attitudes et les représentations des planteurs en 2006 réalisée par l'IPSOS Océan Indien.

2. Préparation et réalisation d'un questionnaire sur les pratiques agricoles des exploitants (quelle perception de la variabilité spatiale intra- et inter-parcellaire ? Comment est prise en compte cette variabilité lors des opérations culturales ? ...) et leurs besoins en terme d'informations cartographiques. Présentation d'exemples de produits cartographiques thématiques.
   - 3 réunions avec des professionnels de la filière canne pour préparer le questionnaire :
     - **29 Mai 2007, Cirad La Bretagne (Réunion)**
       Présents : V.Lebourgeois (CIRAD), M.Houles (CIRAD), M.Thierry (Usine Bois rouge), P.Rondeau (Usine du Gol), B.Siegmund (CERF), H.Papaiconomou (Chambre d'agriculture), E.Fillols (CTICS), PF.Chabalier (CIRAD), C.Poser (CIRAD), JF.Martine (CIRAD), C.Gossard (Chambre d'agriculture)
     - **30 Mai 2007, Cirad La Bretagne (Réunion)**
       Présents : V.Lebourgeois (CIRAD), M.Houles (CIRAD), P. Pariente (Comité pilotage de la canne)
     - **4 Juin 2007, Cirad La Bretagne (Réunion)**
       Présents : V.Lebourgeois (CIRAD), M.Houles (CIRAD), Roland Pirot (CIRAD)

3. Enquêtes auprès des agriculteurs à partir du questionnaire :
   - Questionnaire dirigé auprès d'agriculteurs lors de la manifestation CAP 2025 du 3 juillet 2007 sur l'analyse des pratiques des agriculteurs et sur les besoins.
   - Un entretien particulier avec un exploitant agricole
     - **31 Mai 2007, Exploitation de Mr Moutanvirin (Réunion)**
       Présents : M. Houlès (CIRAD), V. Lebourgeois (Cirad), R. Pirot (Cirad), Moutanvirin (planteur)
       Objectifs : Connaître des pratiques culturales et évaluer son intérêt vis-à-vis des produits prévisionnels.

4. Réunions avec des techniciens agricoles à partir du questionnaire
   - 2 réunions avec des techniciens de la chambre d'agriculture :
     - **31 Juillet 2007, Chambre d'agriculture de Trois Bassin (Réunion)**
       Présents : DOMEN (technicien), Sully RICKMOUNI (technicien), Nicolas ROBERT (technicien), Christophe GOSSARD (Responsable techniciens), Marion HOULES (CIRAD)
       Objectifs :
     - **30 Août 2007, Chambre d'agriculture de St Benoit (Réunion)**
       Présents : Yvrin RIVIERE (technicien), Sully RICKMOUNI (technicien), Ester HOARAU (technicien), Christophe GOSSARD (Responsable techniciens), Valentine LEBOURGEOIS (CIRAD), Marion HOULES (CIRAD)

CIRAD-DIST
Unité bibliothèque
Lavalette

Organisation mise en place par le chef de file et chaque réalisateur : travail réalisé, moyens humains, matériels et financiers mobilisés

Moyens humains impliqués : 1 mois d'ingénieur CIRAD-Réunion

Moyens financiers mobilisés :

	Coût Total	Coût ADAR
1 mois ingénieur CIRAD	7 700	3 850
TOTAL	**7 700**	**3 850**

Etapes et calendrier

L'analyse des besoins n'a pas pu se faire en début de projet comme cela était initialement prévu. La convention ayant été signée en mars 2006, l'analyse des besoins a été reportée car les ressources humaines étaient alors fortement mobilisées par la mise en place de la campagne de mesures de terrain qui ne pouvait pas être décalée dans le temps. De plus, afin de ne pas multiplier les rendez-vous auprès des professionnels de la filière, nous avons préféré attendre d'avoir des produits de démonstration avant d'entamer la démarche d'enquêtes. Ce retard n'a pas eu de conséquences sur le déroulement du projet.

- Questionnaire : Préparation en avril –mai 2007
- Cap 2025 : 3 juillet 2007
- Entretiens divers : entre mai et août 2007

Résultats obtenus

Au total, 29 réponses au questionnaire sur les pratiques et les besoins ont été dépouillées (21 réponses recueillies pendant Cap 2025 auprès de planteurs et 8 réponses issues d'entretiens avec exploitants et techniciens). Les principaux résultats de l'enquête sont :

- Pas de gestion spatialisée à l'échelle **intra-parcellaire**. La même dose d'intrants, de désherbants ou d'irrigation est apportée sur toute la parcelle, sans prise en compte de l'hétérogénéité intra-parcellaire.
- Peu de gestion spatialisée à l'échelle **inter-parcellaire**. On constate que la plupart des planteurs apportent les intrants de façon très systématique. Seuls certains essaient d'adapter les doses et formules en fonction de la précocité des variétés, de l'âge de la souche, de la topographie …
- Les planteurs qui ont de grandes exploitations sont très intéressés par « la vision de haut » de leurs exploitations car cela leurs permettrait de cibler les observations terrain, de gagner du temps pour le tour des champs et d'intervenir plus rapidement en cas de problème.
- Les planteurs ont une perception plutôt positive de ces nouveaux outils et beaucoup sont prêts à tester leur efficacité mais le coût est un facteur limitant à leur adoption. Une étape pour tester la rentabilité de ces produits semble donc indispensable.
- Peu de planteurs sont familiers avec les nouvelles technologies. Les produits cartographiques pourraient donc être diffusés soit directement aux planteurs via des cartes « papier » accompagnés d'informations ou de conseils simplifiés, soit par l'intermédiaire des techniciens agricoles.
- Les techniciens agricoles sont très intéressés par les produits issus de la télédétection aéroportée et souhaiteraient disposer des cartes pour affiner leurs conseils. Leur très bonne connaissance du « terrain » est un avantage considérable pour l'interprétation des cartes et à leurs traductions sous forme de conseils agronomiques. Les cartes sont un support visuel intéressant pour appuyer leurs conseils et convaincre les planteurs d'améliorer leurs pratiques culturales. Certains techniciens utilisent des SIG et la diffusion de certains produits sous forme de données SIG pourrait être envisagée.
- Les professionnels de la filière canne à sucre ont aussi montré un certain intérêt pour les produits issus de la télédétection aéroportée mais avec une couverture spatiale plus large.

Liste des produits les plus intéressants pour chaque groupe d'utilisateurs :

Planteurs :

- parcellaire → surfaces précises pour calculer les doses d'intrants
- prévision de rendements → organiser les travaux pendant la campagne de coupe
- enherbement et manquants → gain de temps pour les grandes exploitations

Techniciens :

- développement végétatif (NDVI) → information importante pour la prise de décision et le conseil
- cartes d'état azoté et hydrique → aider les planteurs à adapter les apports au potentiel de chaque secteur.
- détection des anomalies de croissance → surveillance des cultures et système d'alerte

Filière :

- surface cultivée ou productive → estimation des rendements et des tonnages par zone
- suivi de l'enherbement dans le temps → tester l'efficacité des désherbants
- estimation des rendements → organisation de la campagne de récolte
- attaques parasitaires → veille sanitaire

Indicateurs de suivi

- Tableau de temps passé (Tableau 2)

Indicateurs de réalisation

- Compte-rendu des réunions
- Questionnaire (Annexe 1)

Action 1 / Tâche 2 : Campagne de mesures sur parcelles expérimentales

Rappel des objectifs

L'objectif des campagnes de mesures sur parcelles expérimentales est de profiter de la concentration sur une petite surface d'une grande variabilité (maîtrisée et documentée) du développement de la culture, afin de relier état du couvert et mesures aéroportées et de proposer des produits de démonstration de caractérisation des couverts de canne à différents stades et dans différentes conditions de stress.

Méthodes de travail utilisées

En raison des difficultés rencontrées lors de la campagne de mesures en 2006 sur le site de La Mare (cf. Rapport intermédiaire AgriDrone, fév. 2007), nous n'avons pas pu acquérir un jeu de données suffisant pour répondre à nos objectifs. Une deuxième campagne de mesures, non prévue, a été organisée en 2007 ; l'expérience aidant, cette campagne fut un succès.

Parcelle expérimentale de La Mare (Annexe 2)

- Parcelle expérimentale du CIRAD (0.8 ha) composée de 18 essais x 3 répétitions : irrigation (pluvial /irrigué), nutrition azotée (0N / 65N / 130N kg ha^{-1}) et variété (R570 / R575 et R 579)
- Localisation : au nord-est de l'île, près de Ste Marie (20°54'07''S ; 55°3152.5'' E)
- Climat : en zone pluviale (entre 1500 et 2000 mm/an).

Appareils radiométriques utilisés (Annexe 7)

- Appareils photographiques numériques : 3 appareils CANON EOS 350D en 2006 et 3 appareils CANON EOS 400D en 2007. Quatre appareils ont été modifiés pour mesurer le rayonnement dans le Red-Edge et le PIR. La caractérisation spectrale des appareils a été faite dans les laboratoires de l'ONERA à Toulouse.
- Caméras thermiques : Mesures aéroportées avec la TH7800 (IMPAC) en 2006 et la B20 HSV FLIR en 2007. La résolution de ces caméras est : 240 pixels x 320 pixels.
- Radiothermomètres : Mesures sur le terrain avec un appareil Rayteck en 2006 et un appareil HEITRONICS KT19 en 2006 et 2007. Ces appareils ont été étalonnés avant l'expérimentation avec un corps noir à l'INRA d'Avignon.

Autres équipements

- GPS à bord de l'ULM (tracking)
- Capteurs de température et d'humidité de l'air HMP50 (VAISALA) : 1 couple de capteurs sur ULM et 1 couple au sol en 2006 et 2007.

Protocole d'acquisition de mesures radiométriques (bilan des mesures en Annexe 3)

- En 2006, 4 vols ULM ont été effectués entre les mois d'avril et juillet. Ces vols, pour la plupart incomplets en termes de mesures, ont servi à mettre au point le protocole d'acquisition.
- En 2007, 8 vols ont été effectués entre les mois de mai et de septembre, à différentes altitudes (300-1200 m). Les mesures effectuées à 300 m conduisent à une résolution de l'ordre de 20 cm dans le visible et le proche infrarouge, et 1 m dans l'infrarouge thermique.
- En plus des mesures ULM, des mesures de température de surface faites à l'aide de radiothermomètres sur le terrain sur des cibles chaudes (sol), froides (herbes) et intermédiaires ont servi à corriger les mesures ULM.

Protocole d'acquisition de mesures biologiques (bilan des mesures en Annexe 2)

- Les mesures de structure du couvert (environ 1 fois/mois) : évolution de l'indice foliaire.
- Les mesures biochimiques (environ 1 fois/mois) : Teneur en élément nutritifs (N, P, K, Ca, Mg) en 2006, teneur en eau des cannes, en chlorophylle (SPAD) et en sucres (BRIX) pendant la durée de la campagne aérienne en 2006 et 2007.
- Rendement, teneur en sucre : mesurés pour chaque placette au moment de la coupe.

Organisation mise en place par le chef de file et chaque réalisateur : travail réalisé, moyens humains, matériels et financiers mobilisés

Moyens humains impliqués :

- 6.5 mois Ingénieur.
- 8 mois Techniciens.

Moyens financiers mobilisés :

	Coût Total	Coût ADAR
Equipement	32 000	0
Vols ULM	3 000	0
Missions CIRAD AR Mpt-Run	1760	1 760
Missions Cemagref AR Mpt-Run	2 100	2 100
Missions Avion Jaune AR Mpt-Run	2 000	2 000
0.5 mois ingénieur CIRAD-Mpl	3 850	1 925
8 mois techniciens CIRAD-Run	36 000	18 000
4 mois ingénieur CIRAD-Run	30 800	15 400
1 mois ingénieur Cemagref	7 700	0
1 mois Avion Jaune	11 000	11 000
TOTAL	**130 210**	**52 185**

Etapes et calendrier

- Commande et préparation du matériel en mars 2006
- Campagne 2006 : d'avril à juillet 2006
- Campagne 2007 : de mai à septembre 2007

Résultats obtenus

Le jeu de données acquis en 2006 est un jeu d'essai qui a permis la mise au point du protocole d'acquisition des données biologiques et radiométriques. Les données ne sont pas exploitables en temps que telles car incomplètes (une seule date est utilisable, voir « Rapport intermédiaire AgriDrone, fév. 2007 »).
En revanche, le jeu de données en 2007 est complet sur la période mai-septembre avec des effets nutrition/irrigation et variétaux très marqués. On a ainsi une bonne caractérisation de la canne au maximum de son développement et sur l'ensemble de la période de maturation..

Indicateurs de suivi

- Tableau de temps passé (Tableau 1)
- Tableau des missions (Tableau 3)

Indicateurs de réalisation

- Tableau synthétique des campagnes de mesures radiométriques (Annexe 3)
- Tableau synthétique des campagnes de mesures biologiques (Annexe 2)
- 3 communications à des colloques et 1 poster (Annexe 7).

Rappel des objectifs attendus : *Les corrections géométriques (correction des déformations dues à l'objectif et projection des images dans un référentiel cartographique) et radiométriques (correction des effets de vignettage et inter-étalonnage) des images sont indispensables avant tout traitement algorithmique et leur mise en relation avec les paramètres mesurés au sol.*

Méthodes de travail utilisées

Corrections radiométriques des images :

La correction radiométrique des images est indispensable pour le traitement de séries temporelles d'images (cas de la parcelle expérimentale de La Mare) et pour la création des mosaïques (cas des images acquises en milieu réel). Ces corrections visent à corriger les perturbations radiométriques qui sont de deux ordres :

- Les perturbations dues à l'optique des capteurs (le vignettage). Le vignettage des capteurs optiques a été caractérisé par une fonction polynomiale qui est calculée sur une image moyenne pour chaque longueur d'onde et chaque appareil photo. A partir de cette fonction est produite une image « filtre » qui est ensuite appliquée aux images à corriger. Cette chaîne de traitement a été développée avec le logiciel R
- Les perturbations dues aux conditions d'éclairement. Pour traiter les séries multi-temporelles d'images optiques, différentes méthodes de correction ont été testées : la prise de points d'invariants sur les images, le calcul de ratio de bandes spectrales et la normalisation du rayonnement incident calculé à partir du modèle atmosphérique 6S (besoin de connaître la sensibilité spectrale de chaque appareil photo pour les corrections atmosphériques, voir Action1/Tache 2).

La correction des images thermiques s'est faite par fonction de transfert à partir de mesures de température faites sur des cibles au sol au moment de l'acquisition aérienne, et par modélisation des effets atmosphériques à l'aide du logiciel MATIS.

Corrections géométriques des images optiques et thermiques :

La correction géométrique des images est une étape préalable indispensable pour créer des mosaïques (à l'échelle d'une exploitation par exemple) ou superposer des images acquises à différentes dates. Les distorsions géométriques sont dues à :

- L'optique des capteurs. Ces distorsions sont calculées à partir d'images de mire et d'un logiciel spécialisé dans le calcul des polynômes de déformation. Une méthode originale de caractérisation de la caméra thermique a été développée à cette fin (Annexe 7).
- La prise de vue. Ces distorsions sont corrigées à partir d'une image de référence (orthophotos de l'IGN par exemple) par prise de points d'amer.

Organisation mise en place par le chef de file et chaque réalisateur

Moyens humains impliqués :

- 3 mois ingénieur (Développement méthodologique).
- 1 mois Technicien (corrections géométriques des images de La Mare).

Moyens financiers mobilisés :

	Coût Total	Coût ADAR
1 mois ingénieur Cemagref	7 700	0
2 mois ingénieur CIRAD-Mpl	15 400	7 700
1 mois technicien CIRAD-Mpl	4 500	2 250
TOTAL	**27 600**	**9 950**

Etapes et calendrier

- Premiers essais de corrections radiométriques sur les données de 2006 : sept. 2006
- Finalisation de la méthode et corrections radiométriques de l'ensemble des images : juin – sept 2007
- Corrections géométriques des images de La Mare et d'un jeu de données en milieu réel (cf. Action1/Tache 4) : oct 2007.

Résultats obtenus

Les résultats sont détaillés dans les communications présentées en Annexe 7. En résumé :

- les méthodes de correction du vignettage ont donné de bons résultats.
- Les méthodes de normalisation radiométrique multi-temporelle sont plus difficiles à mettre en œuvre car :
  - suivant l'altitude de la prise de vue, les invariants sont plus ou moins faciles à identifier sur une photo ;
  - la normalisation des images par l'éclairement au moment de la mesure n'a pas pu se faire car nous ne disposions que de données horaires dans des conditions de ciel très variables ;
  - la correction par calcul de la réflectance au niveau du sol, nécessite des paramètres atmosphériques qui ne sont pas toujours facilement estimés ;
  - enfin, les calculs de ratio de bandes spectrales à partir d'images dévignettées donne de très bons résultats.
- Les méthodes de correction géométriques ont été faites selon un protocole classique. Seule la caractérisation de l'optique des différentes caméras a fait l'objet d'un développement méthodologique original (Annexe 7).

Indicateurs de suivi

- Tableau de temps passé (Tableau 1)

Indicateurs de réalisation

- Un jeu de données images corrigées sur la parcelle de La Mare (format ERDAS Imagine)
- Un guide méthodologique de traitements radiométrique et géométrique des images (fichier ppt).
- 2 communications et 1 poster présentés dans des colloques internationaux (Annexe 7)
- 1 papier soumis à *Sensors Journal* (Annexe 7).

Rappel des objectifs attendus

L'analyse conjointe des données biologiques et radiométriques permettra de proposer et de représenter spatialement des premiers indicateurs agronomiques (développement du couvert, couleur du feuillage, stress hydrique ...).

Méthodes de travail utilisées

- Jeu de données biologiques et images multispectrales corrigées de la parcelle expérimentale de La Mare de 2006 (incomplet) et 2007 (complet).
- Extraction des variables radiométriques moyennes par traitement, par date.
- Calcul des indices spectraux : NDVI (Normalized Difference vegetation Index avec les bandes Rouge et Proche Infrarouge) et le CSI (Crop Stress Index, avec la bande Ingfrarouge Thermique).
- Mise en relation des données radiométriques corrigées (solaire et thermique) avec les données biologiques de terrain (calcul de fonctions de transfert)
- Application des fonctions de transfert et calculs d'indicateurs agronomiques sur la parcelle de La Mare.

Organisation mise en place par le chef de file et chaque réalisateur :

Moyens humains et financiers mobilisés : 4 mois ingénieur CIRAD

	Coût total	Coût ADAR
2 mois ingénieur CIRAD-Run	15 400	7 700
2 mois ingénieur CIRAD-Mpl	15 400	7 700
1 mission Réunion - Mpl	645	645
1 mission Réunion - Mpl	844	844
TOTAL	**32 289**	**16 889**

Etapes et calendrier

- Traitement des données acquises en 2006 : octobre 2006.
- Traitement des données acquises en 2007 : octobre 2007 – février 2008.

Résultats obtenus

Les résultats sont détaillés dans les communications présentées en Annexe 7.
En résumé, les résultats montrent que le NDVI est sensible au LAI jusqu'à la fin de la période de croissance (fin juillet), et au SPAD (couleur des feuilles) durant la phase de maturation. La sensibilité à l'humidité de la plante est faible. Pour le CSI (Crop Stress Index), le LAI est également le facteur principal en début de culture. Une fois la végétation complètement développée (LAI au dessus de 4.5), le CSI devient plus sensible à l'humidité. Le CSI ne montre aucune sensibilité au SPAD.
Ainsi, le NDVI et le CSI présentent une sensibilité différente aux variables de surface. L'utilisation combinée de ces deux indices peut ainsi fournir une information importante sur l'état des cultures, en permettant notamment différencier un stress azoté d'un stress hydrique, ce qui n'est pas possible avec une seule mesure.

Indicateurs de suivi

- Tableau de temps passé (Tableau 1)
- Tableau des missions (Tableau 3)

Indicateurs de réalisation

- 2 communications dans des colloques internationaux (Annexe 7)
- 1 papier en préparation.

Rappel des objectifs attendus : *Après l'évaluation des résultats obtenus sur les essais agronomiques, une campagne de mesure en milieu paysan est prévue sur deux ou trois exploitations couvrant des conditions de culture variées (pluviale/irriguée, variétés, sols, altitude, techniques culturales...).*

Méthodes de travail utilisées

- Campagnes de mesures par ULM optique + thermique en 2006 (10 sites survolés du Nord au Sud par l'Ouest, Annexe 3), avec les appareils photo EOS 350D et la caméra IMPAC
- Campagnes de mesures par ULM optique et thermique en 2007 (8 sites survolés sur le pourtour de l'île, Annexe 3) avec les nouveaux capteurs optiques (Canon 400D) et thermique (FLIR).
- Constitution d'une banque de données images de la canne par prise de photos sur le terrain et mesures points GPS en octobre et novembre 2006 en simultané avec les acquisitions aéroportées. Illustration des différentes pratiques culturales observées.

Organisation mise en place par le chef de file et chaque réalisateur

Moyens humains impliqués :

2.5 mois ingénieur.

Moyens financiers mobilisés :

	Coût Total	Coût ADAR
2 mois ingénieur CIRAD	15 400	7 700
0.5 mois ing. Avion Jaune	5 500	5 500
1 mission Avion Jaune	1 058	1 058
TOTAL	**21 458**	**14 258**

Etapes et calendrier

Afin d'obtenir des produits de démonstration le plus tôt possible dans le projet, la campagne d'acquisition d'images en milieu réel s'est faite dès la première année du projet.

- En 2006, des acquisitions ont été faites en avril/juin/juillet, et pendant la coupe en oct/nov.
- En 2007, des acquisitions complémentaires ont été menées entre mai et août.

Résultats obtenus

- Constitution d'une banque d'images ULM/photos terrain illustrant la variabilité spatiale de la canne en cours de levée ou tallage, et ce pour différentes pratiques culturales réalisées après la coupe (brûlis, résidus de récolte, ou labour du sol et nouvelle plantation).
- Constitution d'une base d'images aéroportées multispectrales (optiques et thermiques) acquises à différentes périodes de l'année.

Indicateurs de suivi

- Tableau de temps passé (Tableau 1)
- Tableau des missions (Tableau 3)

Indicateurs de réalisation

- Tableau de synthèse des campagnes d'acquisition menées en 2006 et 2007 (Annexe 3)
- Powerpoint sur mesures de novembre 2006 mettant en relation les photos de terrain et les photos prises par ULM.

CIRAD-DIST
Unité bibliothèque
Lavalette

Rappel des objectifs attendus : *Réalisation des produits cartographiques en collaboration avec les utilisateurs : retour sur les produits réalisés.*

Méthodes de travail utilisées

Des produits cartographiques de base (mosaïques vraies-couleurs monodate et multidate, mosaïques d'images thermiques, carte d'indices de végétation et Modèle Numérique de Terrain) ont été réalisés à partir des images corrigées en radiométrie et en géométrie (voir Action1/Tache 3.1). Ces produits ont été présentés lors du séminaire final (Action 2 /Tache 3) et ont servi de base pour l'évaluation des coûts de traitement des données (Action 2 /Tache 4).

Deux zones d'étude ont été traitées à titre de démonstration : Ste Suzanne et Bras-Panon. Les principaux traitements, effectués avec le logiciel ERDAS Imagine, sont détaillés dans le tableau ci-dessous :

Zone de Ste Suzanne

- Traitement d'une dizaine de 10 photos (environ 0.5 km²) acquises le 20 octobre 2006 (repousses de canne) et 8 juin 2007 (canne en pleine végétation), faite à environ 300 m d'altitude (13 cm de résolution pour octobre 2006 et 20 cm pour juin 2007).
- Correction géométrique avec le module LPS :
  - Renseignement des paramètres de prises de vue ;
  - Prise de points d'appuis à partir des ortho-photos de l'IGN ;
  - Triangulation (erreur moyenne < 1 pixel).
  - Application du modèle de déformation à l'ensemble des images acquise avec cet appareil photo.
- Combinaison des images ainsi rectifiées dans une image multispectrale :
  - *Le canal 1 -> bleu*
  - *Le canal 2 -> vert*
  - *Le canal 3 -> rouge*
- Pour mosaïquer les images nous avons utilisé l'outil « mosaic tool ». Les zones de recouvrement entre les images sont très importantes. Le logiciel créé de façon automatique des lignes de découpage pour délimiter la partie de chaque image qui sera conservée. Nous avons constaté qu'il était préférable de tracer manuellement ces lignes en utilisant le paysage (routes, bordures de parcelles…).

Zone de Bras Panon

- Traitement des acquisitions du 27 juillet 2007, faite à environ 2600 m d'altitude au dessus de parcelles suivies par la Chambre d'Agriculture (1 m de résolution dans l'optique et 3 m dans le thermique). Traitement de 35 photos pour une superficie d'environ 14 km².
- Correction radiométrique (correction du vignettage)
- Correction géométrique (voir traitements sur Ste Suzanne) et création d'une mosaïque multi-spectrale :
  - *Le canal 1 -> bleu*
  - *Le canal 2 -> vert*
  - *Le canal 3 -> rouge*
  - *Le canal 4 -> proche infrarouge*
  - *Le canal 5 -> infra rouge thermique*
- Calcul du MNT : Ce travail est réalisé avec le module LPS, en utilisant les images acquises avec le capteur proche infra rouge (meilleur résultat). Le MNT obtenu à une résolution de 5 mètres.
- Calcul d'un indice de végétation : NDVI (ou Normalized Difference Vegetation Index), à partir des images acquises dans le rouge et le proche infrarouge. Création d'une table de couleur pour restitution cartographique.

Organisation mise en place par le chef de file et chaque réalisateur

Moyens humains et financiers mobilisés :

	Coût Total	Coût ADAR
1 mois ingénieur CIRAD	7 700	3 850
2 mois technicien	9 000	4 500
TOTAL	**16 700**	**8 350**

Etapes et calendrier

- Réalisation des produits cartographiques de base sur les 2 zones test : janv. - mars 2008

Résultats obtenus

- Mosaïques géoréférencées (UTM WGS84) sur la zone de Bras-Panon (14 km², VIS+RED+PIR+ THERMIQUE) et sur Ste Suzanne (0.5 km², VIS). Fichiers au format ERDAS Imagine.
- MNT sur la zone de Bras Panon (format ERDAS Imagine).
- NDVI sur la zone de Bras Panon (format ERDAS Imagine).

Indicateurs de suivi

- Tableau de temps passé (Tableau 1)

Indicateurs de réalisation

- Fichiers numériques des mosaïques (vis, pir, thermique) + MNT + NDVI, au format ERDAS Imagine
- Posters présentés lors des manifestations Cap 2025 et le séminaire final (Annexe 4)
- Plaquette des produits (Annexe 6)

Rappel des objectifs attendus : *Développement d'un prototype d'outil de diffusion et de manipulation de couches d'information géographique (images, vecteurs ...). Cet outil sera développé à partir de logiciels libres permettant de diffuser le produit sans contrainte de coût. Il sera également développé spécifiquement pour les besoins de la filière canne et sera suffisamment simple d'utilisation pour ne pas nécessiter de connaissances particulières en analyse spatiale ou de formation en SIG.*

Méthodes de travail utilisées

Le prototype de SIG a été construit de manière incrémentale et par expérimentations successives. Ce prototype se présente sous la forme d'un SIG en ligne, utilisable en se connectant à un serveur Web. Il est le résultat d'une intégration de plusieurs types d'outils :

- Un serveur Web
- Un système de gestion de base de données doté d'une extension pour le stockage et le traitement de données géographiques
- Un serveur cartographique
- Un module de rendu cartographique pour navigateur web
- Divers logiciels utilisés pour les conversions de formats et l'intégration des données qui sont de natures et de sources diverses
- Un ensemble de modules logiciels développés spécifiquement pour les besoins de ce projet.

Tous les outils utilisés sont des logiciels libres.

1. Etudes et spécifications : Plusieurs sources d'informations ont été utiles pour déterminer les fonctionnalités que le prototype devait proposer :

- Une connaissance de la filière et de ses habitudes de travail provenant de nos expériences passées.
- Une mission à l'Île de la Réunion en mai 2007 qui nous a permis de rencontrer divers acteurs de la filière.
- Des contacts réguliers entre Montpellier (en particulier P. Degenne) où le prototype était développé et les membres du projet travaillant à la Réunion (en particulier M. Houles et V. Lebourgeois).

2. Développement du prototype :

- Conception générale du prototype
- Création d'un schéma de base de données pour chaque produit
- Création d'un schéma de base de données pour l'interface utilisateur
- Recherche de bibliothèques libres et expérimentations
    - Expérimentations avec Mapserver
    - Expérimentations avec PostgreSQL et PostGIS
    - Expérimentations avec OpenLayers
    - Expérimentations pour la génération de fichiers au format PDF (avec Latex et PDFLatex)
    - Expérimentations de divers moyens pour la génération de fichiers au format KML (pour l'exportation de résultats vers Google Earth)
    - Du protocole TMS (Tile Map Service) pour le tuilage d'images
    - Essais systèmes de tuilage automatiques
- Développement interface utilisateur dynamique qui s'adapte au contenu base la de données
- Développements de l'ensemble des modules du côté serveur cartographique et accès base de données.
- Mise en forme et préparation des données
- Mise en ligne sur un serveur Linux et tests
- Mise en ligne sur un serveur Windows et tests
- Traduction pour proposer une version anglaise du prototype à des fins de valorisation.

3. Optimisations :

- Tuilage des images les plus volumineuses.
- Indexation spatiale de certaines tables dans la base de donnée (en particulier le parcellaire cannier).
- Adaptations diverses pour obtenir un comportement homogène dans plusieurs navigateurs webs différents.

Organisation mise en place par le chef de file et chaque réalisateur

Moyens humains et financiers mobilisés :

	Coût Total	Coût ADAR
4 mois ingénieur CIRAD	30 800	15 400
1 mission Mpl - Réunion	1 193	393
TOTAL	**31 993**	**15 793**

Etapes et calendrier

- Etudes et spécifications : mission de Pascal Degenne à la Réunion en mai 2007, travaux effectués dans le courant de l'année 2007.
- Développements et tests : fin 2007 et début 2008.
- Mise en ligne et optimisations : mars 2008.

Résultats obtenus

Un prototype de système d'information géographique dédié à la diffusion des produits mis au point par le projet Agridrone vers des acteurs de la filière canne à sucre. Cet outil possède les caractéristiques suivantes :

- Traite aussi bien les produits à base d'images qu'à base de vecteur
- Outil accessible en ligne, ne nécessite pas d'installer un logiciel autre qu'un navigateur Web
- Peut travailler avec différents systèmes de coordonnées en fonction des produits
- Propose différents produits issus d'Agridrone à des fins de démonstration.
- Adapté aux habitudes de travails de la filières, en particulier pour la production de résultats statistiques agrégés selon les divers regroupements de parcelles ou de zonages géographiques.
- A la capacité d'intégrer de nouveaux produits cartographiques (cf. produits Agridrone)
- Interface qui s'adapte en fonction du contenu de la base de données (aussi bien pour la prise en compte de nouvelles données pour un produit que pour l'ajout de nouveaux produits)
- Plusieurs formats d'exportation pour répondre à la diversité de besoins, de mode d'organisation des acteurs de la filière, de la diversité des intervenants: cartes papier au format PDF, fichiers KML pour Google Earth
- Export d'extraits de données cartographiques pour respecter la confidentialité et les limites de droits d'usage de différentes données.
- Interface utilisateur multilingue
- Basé entièrement sur des logiciels libres
- Le serveur peut fonctionner aussi bien sur plateforme Windows que sur Linux
- Valorisation possible par la formation (au développement d'outil similaire, l'utilisation de l'outil lui-même ne nécessite pas de formation particulière) et possibilité de co-développement d'outils en se basant sur le prototype.

Indicateurs de suivi

- Tableau de temps passé (Tableau 1)
- Tableau des missions (Tableau 3)

Indicateurs de réalisation :

- Le prototype nommé LIMAGE (LIght MAp GEnerator) dont une version est en ligne sur http://limage.teledetection.fr/

Rappel des objectifs attendus : *Divers produits de communication seront réalisés pour faire connaître le projet et ses résultats : rédaction d'un guide utilisateur (description des concepts de base, de la méthodologie et des produits, aide à l'interprétation des produits associés, ...), réalisation de produits pédagogiques de démonstration, communications à des colloques et publications scientifiques.*

Méthodes de travail utilisées

- Définir le public cible et les objectifs du « guide utilisateur » :
  - Une partie conceptuelle / expérimentale (pour l'enseignement secondaire et supérieur) : concepts de base, illustration sur le jeu d'images de La Mare (relation radiométrie état hydrique / azoté / variété).
  - Une partie opérationnelle (pour les professionnels de la géomatique) : description des capteurs/vecteurs, pré-traitement des images, produits cartographiques de base (mosaïque vraies couleurs, MNT et NDVI), difficultés restantes, et analyse de coûts.
- Réalisation d'un guide utilisateur au format powerpoint.
- Rédaction de communications pour des colloques télédétection (3) et agriculture (2)
- Préparation de publications pour soumission dans des revues à facteur d'impact (3)
- Réalisation de posters et d'une plaquette grand public.

Organisation mise en place par le chef de file et chaque réalisateur

Moyens humains et financiers mobilisés :

	Coût Total	Coût ADAR
3 mois ingénieur CIRAD-Mpl	23 100	11 550
2 mois ingénieur CIRAD-Run	15 400	7 700
1 mois ingénieur Cemagref	7 700	0
2 missions Réunion-Montpellier	3 642	844
1 colloque Angleterre (ISPRS)	426	0
1 colloque Allemagne (WABCG)	1 062	0
TOTAL	**51 330**	**20 044**

Etapes et calendrier

- Rédaction guide méthodologique : fin de projet, juin 2008
- Préparation des produits pédagogiques de démonstration : fin de projet, juin 2008
- Rédaction de communications et de publications : en continu sur le projet à partir d'août 2007 (évalué à 4 mois).
- Dates des colloques : novembre 2006, août 2007, septembre 2007, juin 2008, juillet 2008
- Dates des principales manifestations :
  - grand public : 03/2008 (SIA, Paris), 05/2008 (Foire de Bras-Panon, Réunion)
  - professionnel : 3/07/07 (Cap2025, Réunion), 15-16/04/08 (Canne08, réunion)

Résultats obtenus

Voir indicateurs de réalisation ci-dessous

Indicateurs de suivi

- Tableau de temps passé (Tableau 1)
- Tableau des missions (Tableau 3)

Indicateurs de réalisation :

- 6 Posters et 1 Plaquette grand public (Annexe 4)
- 4 Communications écrites + 1 poster technique (Annexe 7)
- 4 Articles soumis ou en cours de rédaction
- Matériel pédagogique pour les lycées agricoles ou les instituts techniques avec des jeux d'images de démonstration et les outils libres associés.
- Guide utilisateur (concepts, acquisition des données, corrections images, production de cartes et offre commerciale) au format Powerpoint.
- 1 Plaquette offre de service (Annexe 6)

Rappel des objectifs attendus : *Organisation d'un séminaire de restitution auprès des acteurs de la filière (agriculteurs, groupements, Chambre ...) au cours duquel seront présentés les produits et outils de démonstration. Discussion sur un cahier des charges spécifique des produits (indicateurs, fréquence, précision des variables, résolution spatiale, couverture de la zone ...) et réflexions sur la mise en place d'une offre de service (opérateur, produits, coûts à l'hectare de l'acquisition et des traitements ...).*

Méthodes de travail utilisées

- Organisation d'un séminaire sur le thème « Télédétection et canne à sucre » à St Leu, La Réunion (voir Annonce du séminaire en Annexe 5).
  - 5 réunions de préparation du séminaire entre janvier et mars 2008 :
    - **16 Janvier 2008, Maison de la télédétection (Montpellier)**
      Présents : A. Bégué (CIRAD), M. Houlès (CIRAD), S. Labbé (Cemagref), V. Lebourgeois (CIRAD), B. Roux (Avion Jaune), P. Todoroff (CIRAD)
      Objectifs: établir un budget, définir les objectifs, réfléchir à l'organisation générale du séminaire, lister les actions à mener, distribution des rôles.
    - **20 Février 2008, Cirad la Bretagne (Réunion)**
      Présents : C. Poser (CIRAD), J.F Martiné (CIRAD), S. Della Mussia (CIRAD), Pierre Todoroff (CIRAD), A. Bury (CIRAD, P.F Chabalier (CIRAD), G.Mandret (CIRAD), C.Gossard (CA), C. Lebon (SFSR), N. Villeneuve (IRD), P. Tessier (Région), M. Houlès (CIRAD) + Visio : S. Labbe (CEMAGREF), B. Roux (Avion Jaune)
      Objectifs : rappel des objectifs du séminaire, discussion sur l'organisation de l'atelier (2 programmes proposés), choix du lieu et de la salle, cibler les invités potentiels (organismes), élaborer un timing..
    - **25 Février 2008, Cirad la Bretagne (Réunion)**
      Présents : M. Houlès (CIRAD), P. Marnotte (CIRAD)
      Objectifs de la réunion : Elaborer la liste des invités en se basant sur la liste des invités des séminaires ARTAS fournie par Daniel Marion (chargé communication de l'ARTAS)
      Conclusions : Sélection des organismes à inviter
    - **7 Mars 2008, Cerf (Réunion)**
      Présents : M. Houlès (CIRAD), C. Lebon (SFSR), B. Siegmund (Cerf)
      Objectifs de la réunion : Dernier point, avant lancement des invitations, sur le programme prévisionnel et les invitations
      Conclusions : Sortir la partie concernant « l'organisation de l'offre de service » du séminaire et organiser une table ronde, après le séminaire, qui réunirait uniquement les décideurs et responsables des organismes concernés.
    - **25 Mars 2008, Maison de la télédétection (Montpellier)**
      Présents : A. Bégué, S. Labbén V. Lebourgeois, P. Degenne, B. Roux, S. Dupuy.
      Conclusions : programme détaillé du colloque, définition et préparation des 4 ateliers de l'après-midi, bilan des posters/plaquettes à amener.
  - Travaux préliminaires : liste de diffusion, plaquette d'annonce, matériel promotionnel, réservation salles, réservation repas, organisation voyages des participants étrangers, contacts avec presse/TV.
  - Tenue du séminaire :
    - **le 14 et 15 avril, séances plénières et ateliers.**
    - **Visite de la station CIRAD** et des essais terrain à St Pierre pour les participants étrangers, le 16 avril.
    - **Réunion finale le 17 avril** avec les décideurs pour discuter de la suite opérationnelle du projet.
      Présents : J. M. Dihnut (SAFER), J .Y. Gonthier (SFSR / SR), C. Gossard (Chambre d'Agriculture), P. Rondeau (SFSR / SR), B. Siegmund (CERF), P. Tessier (Conseil Régional), N. Guilbot (CTICS)
      + Agents CIRAD : G. Mandret (Directeur Régional), P. Todoroff, JF. Martiné, C. Poser, PF. Chabalier
      + Equipe AgriDrone : A. Bégué, S. Labbé, B. Roux, V. Lebourgeois, M. Houles, P. Degenne.
      Excusés : La DAF

Organisation mise en place par le chef de file et chaque réalisateur : travail réalisé, moyens humains, matériels et financiers mobilisés

Moyens humains impliqués :
La préparation du séminaire a nécessité 2 mois d'ingénieur à plein temps.

Moyens financiers mobilisés :

	Coût Total	Coût ADAR
1 mois ingénieur CIRAD-Mpl	7 700	3 850
1 mois ingénieur CIRAD-Run	7 700	3 850
2 missions CIRAD (Bégué + Degenne)	4 469	4 132
1 mission Cemagref	2 062	2 062
1 mission Avion Jaune	1 021	1 021
Coût organisation séminaire hors missions (détails donnés en annexe)	8 000	8 000
TOTAL	**30 952**	**22 215**

Etapes et calendrier

Janvier 2008 :

- Elaboration du cahier des charges et du budget de la manifestation
- Etat des lieux des séminaires et manifestations sur la canne organisés à la Réunion
- Choix des dates : semaine du 14 au 18 Avril
- Etat des lieux des salles et traiteurs disponibles à ces dates là
- Recueil d'informations et de conseils auprès des différents organisateurs de manifestions
- Première ébauche de programme

Février 2008 :

- Première réunion du comité d'organisation
- Appel d'offre pour financement participants étrangers
- Invitation des participants étrangers
- Réalisation des supports écrits : plaquette de présentation, bulletins d'inscription, annonces internes. Mise en ligne du site web : http://canne2008.teledetection.fr

Mars 2008 :

- Envoi des invitations - lettre, plaquette, bulletin - par email (10 mars), par courier (19)
- Envoi des invitations à la presse (26)
- Commande des éléments promotionnels : mallettes, blocs, stylos, etc.
- Edition du programme, des supports pour les participants
- Réservations hébergements, restauration, transports pour les participants étrangers
- Envoi des invitations pour la table ronde par courrier (31)

Avril 2008 :

- Envoi du programme détaillé par email aux invités
- Envoi des invitations pour la table ronde par mail
- Commande des objets promotionnels
- Fax de rappel à la presse
- Editions des cartes postales et autres documents de la pochette
- Préparation du contenu : présentations orales
- Listing et rassemblement du matériel nécessaire
- Mise en place des ateliers informatiques au musée Stella
- Séminaire : séances plénières et ateliers (15 et 16 avril), visite CIRAD (17), table ronde (18)

Mai 2008 :

- édition des états financiers, bilans
- mise en ligne des présentations et des photos

CIRAD-DIST
Unité bibliothèque
Lavalette

Résultats obtenus

- 56 participants le mardi et 42 personnes le mercredi, dont 7 étrangers (Maurice, Afrique du Sud, Kenya)
- Retours très satisfaisants de la communauté. La tenue du séminaire sur deux journées complètes, et peut-être plus encore la réalisation des ateliers l'après-midi avec un ratio participant/encadrant de 6 environ, a joué un rôle très important dans les échanges, la compréhension du projet et la sensibilisation aux approches spatialisées.
- Les contacts avec les partenaires étrangers ont été également très fructueux et devraient se poursuivre au-delà du projet AgriDrone par des projets pilote sur site.

Indicateurs de suivi

- Tableau de temps passé (Tableau 1)
- Tableau des missions (Tableau 3)

Indicateurs de réalisation :

- Compte-rendu de la réunion de préparation du 20 février 2008.
- Séminaire à Stella Matutina (St Leu, La Réunion) du 15 et 16 avril :
    - Plaquette de l'annonce du séminaire en français (Annexe 5) et anglais.
    - Liste des participants (Annexe 5)
    - Programme détaillé (Annexe 5)
    - Posters présentés (Annexe 5)
- Site web : http://canne2008.teledetection.fr/ (versions française et anglaise)

Rappel des objectifs attendus : *Proposition d'un service opérationnel : catalogue de produits, calcul de coûts à l'hectare, diffusion des données, formation des agriculteurs à l'utilisation des produits.*

Méthodes de travail utilisées

A partir de l'expérience acquise lors des deux années du projet, en terme d'acquisition et de traitement des images, et compte tenu des intérêts manifestés par la profession, un catalogue de produits cartographiques a été élaboré.

Organisation mise en place par le chef de file et chaque réalisateur

Moyens humains impliqués :

- 2.5 mois ingénieur

Moyens financiers mobilisés :

	Coût Total	Coût ADAR
0.5 mois ingénieur CIRAD-Mpl	3 850	1 925
0.5 mois ingénieur CIRAD-Run	3 850	1 925
0.5 mois Avion Jaune	5 500	5 500
TOTAL	**13 200**	**9 350**

Etapes et calendrier

Précision du catalogue des produits et affinage des coûts : avril-mai 2008.

Résultats obtenus

Les produits proposés se partagent en deux grands types :

- des produits de base :
  - mosaïques de photographies vraies couleurs, fausses couleurs,
  - cartes d'indicateurs de l'activité végétale (NDVI) et de température de surface.
  - Modèle numérique de terrain fin.
- des produits thématiques :
  - Surfaces réelles ou projetées des parcelles
  - Pentes et orientations moyennes par parcelle
  - Cartographie et mesure des surfaces ayant subi un dégât majeur (incendie ...)
  - Etat des cultures : enherbement, manquants, défauts d'irrigation ...

Selon le produit demandé, le coût de l'acquisition, du traitement et éventuellement de l'interprétation des images pour les produits thématiques les plus élaborés, ont été estimés de 8 à 12 €/ha.

Indicateurs de suivi

- Tableau de temps passé (Tableau 1)

Indicateurs de réalisation :

- Plaquette offre de service (Annexe 6)

IV – Les modalités de valorisation du projet

Valorisation grand public.

Les résultats obtenus ont été présentés lors de différentes manifestations « grand public » :

- **Au Salon de l'Agriculture à Paris** (SIA 2008) en mars 2008 : participation au stand « canne à sucre » du CIRAD. Production et distribution d'une plaquette « gestion spatialisée de la production cannière » (Annexe 6)
  http://www.cirad.fr/fr/actualite/communique.php?id=875
- Aux journées **Fête de la Science**, en novembre 2007 à La Réunion : posters et distribution de plaquettes.
- Reportage de 2 minutes dans l'émission « Terre d'ici » diffusé le jeudi 12 juillet 2007 sur la chaine **Antenne Réunion** (décollage drone + mesures de terrain + interview partenaires AgriDrone).
  http://www.cirad.fr/upload/fr/actualite/videos/Agridrone/agri-drone.html
- **A la 32ème foire de Bras Panon**, en mai 2008 à La Réunion : participation au stand « canne à sucre » du CIRAD / SFS / CERF. Vidéos, maquette, posters, documentations
- Presse locale et publications grand public :
  - Première page du quotidien régional **« Le Quotidien » de La Réunion et de l'Océan Indien**, daté du 12 juin 2008 ; article sur 2 pages (Annexe 4).
  - Un chapitre dans la brochure « La canne aux multiples ressources » édité par le CIRAD.
- **Sur le web**
  http://www.cirad.fr/fr/actualite/communique.php?id=884

Valorisation technique, auprès des professionnels de la canne.

Les résultats ont été présentés lors de 2 grandes manifestations à La Réunion:

- **CAP 2025**, 3 juillet 2007 : tenue d'un stand (présentation de posters, démonstration de matériel ...), lors de cette manifestation organisée pour la signature du comité interprofessionnel de la canne et du sucre (CPCS) – 400 participants environ.
  http://www.cirad.fr/reunion/actualites/archives_2007/interprofession_canne
- **Atelier régional sur le thème de la « Télédétection et canne à sucre »**, organisé les 15 et 16 avril 2008 par le CIRAD, qui a regroupé une cinquantaine de professionnels de la canne à Stella Matutina (Réunion) : présentations plénières, ateliers de traitement d 'image et de SIG, démonstration de matériel d'acquisition de données (détails en Tache 5 et Annexe5).
  http://canne08.teledetection.fr/

Les résultats ont été présentés lors d'une manifestation internationale :

- **26th WABCG 2006 (World Association of Beet and Cane Growers)**, organisé du 16 au 20 novembre 2006, à Hannovre.
  Titre de l'intervention : Remote sensing & sugarcane production - Research in course and operational solutions.

Communications dans des revues techniques / bulletins :

- Le magazine des professionnels de la canne réunionaise **Caro-Canne.** « Les cannes vues du ciel », n°16 (octobre 2008), pages 16-17.
- Olivier Soufflet., *Télédétection – Prenez de la hauteur*, dans **Agri Réunion**, n° 1, Mai 2008
- *Des images pour optimiser les interventions culturales,* dans **La Réunion Agricole** le magazine de la chambre d'agriculture, Septembre 2007

Valorisation académique,

publications, communications dans des conférences scientifiques en agriculture et télédétection :

- **Publications dans des revues à Comité de lecture** (en cours ou prévues) :
  - BÉGUÉ A., V. LEBOURGEOIS, S. LABBÉ, B. ROUX, L. PRÉVOT and B. MALLAVAN, 2009. Can digital cameras be used as radiometric sensors for crop monitoring ? *Sensors* (soumis sept 08).
  - LEBOURGEOIS V., J.L., CHOPART and A. OLIOSO, 2009. Integration of a remotely-sensed crop water stress index in a decision-making tool for irrigation monitoring, *Irrigation Science* (en preparation)

- LEBOURGEOIS V., A. BEGUE and J.F. MARTINE, 2009. An airborne imaging system for diagnosis and mapping of water and nutrient variability in Sugarcane crops. *Agronomy* (en preparation).

- **Communications dans des colloques avec Actes (Annexe 7) :**
  - LEBOURGEOIS, V., A. BÉGUÉ and J.-F. MARTINÉ, 2008, Sensitivity of airborne-derived crop water deficit indices to the cropping practices. In *Proceedings of the International Conference on Agricultural Engineering & Industry Exhibition (AgIng08)*, Hersonissos, Crete (Greece), 13 p.
  - LEBOURGEOIS, V., S. LABBÉ, A. BÉGUÉ and F. JACOB, 2008, Atmospheric corrections of low altitude thermal infrared airborne images acquired over a tropical cropped area. In *Proceedings of the IEEE International Geoscience & Remote Sensing Symposium (IGARSS'08)*, Boston (Massachusetts, US), 6 p.
  - LEBOURGEOIS, V., A. BÉGUÉ, S. LABBÉ and B. ROUX, 2007, An airborne imaging system for mapping spatial variability in sugarcane. In *Proceedings of the International Society of Sugar Cane Technologists (ISSCT)*, Durban (South Africa), 4 p.
  - LABBÉ, S., B. ROUX, A. BÉGUÉ, V. LEBOURGEOIS and B. MALLAVAN, 2007, An operational solution to acquire multispectral images with standard light cameras: Characterization and acquisition guidelines. In *Proceedings of the International Society of Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS) Workshop - Airborne Digital Photogrammetric Sensor Systems*, Newcastle (UK), 6 p.
- **Communications dans des colloques sans Actes (Annexe 7) :**
  - *BÉGUÉ, A., B. MALLAVAN, V. LEBOURGEOIS, S. LABBÉ, L. PRÉVOT and B. ROUX, 2007, Radiometric normalization of multi-temporal visible and near infrared images acquired with light airborne systems. International Society of Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS) Workshop - Airborne Digital Photogrammetric Sensor Systems, Newcastle (UK).*
- **Communications dans des magazines destinés à la recherche partenariale :**
  - Revue **Valorisation et Innovation en Partenariat (VIP)** « Gestion de l'irrigation à La Réunion », n°Janvier 2007 (français, anglais, espagnol), CIRAD Montpellier (FR).
  - *Drôles de drones,* dans **Graines d'infos** le journal interne du Cirad, n°38, mars 2008.

- Les transferts prévus :
  - **Transfert auprès de l'enseignement secondaire** :

Contacts avec le lycée Pierre Lagourgue du Tampon (M. Jean-Marie Greffion, enseignant de SVT) pour participer à l'élaboration d'un projet d'option sciences en classe de seconde dont l'un des objectifs est de favoriser l'orientation des élèves vers la voie scientifique. Le projet a été validé par le Rectorat et sa mise en place devrait se faire à la rentrée scolaire 2008. Ce projet étant expérimental il sera suivi et encadré par le Rectorat et fera l'objet d'une publication. Les grandes lignes en ont été définies mais son contenu détaillé est en cours de discussion (finalisation mi-juin 2008), sur le thème « Peut-on par télédétection faire un diagnostic sur l'état nutritionnel et hydrique de la végétation ? ».

L'idée centrale de ce projet pédagogique est expérimental et pluridisciplinaire. Il s'agit de faire pousser en laboratoire des lots de plantules dans des conditions nutritives et hydriques contratées et de mesurer leur réponse spectrale à l'aide de radiomètres que les élèves auront fabriqués. Un lot d'images prétraitées acquises sur une parcelle expérimentale de canne à sucre dans le cadre du projet Agridrone sera fourni aux élèves afin de les initier au traitement d'image. Les résultats issus de l'expérimentation (agronomique + radiométrique) en laboratoire serviront de base au traitement de ces images optiques et thermique afin de mettre en évidence les stress hydrique et nutritionnel au sein de la parcelle. Les images seront traitées avec le logiciel Titus utilisé par l'Education Nationale.

  - **Transfert auprès d'une société privée :**

Le transfert auprès d'une société privée est encore à l'étude. En octobre 2008, une réunion en visioconférence entre Montpellier et La Réunion devrait rassembler les partenaires du projet AgriDrone, des représentants de la filière et la cellule Valorisation du CIRAD pour réfléchir à la forme que pourrait prendre le service proposé. Actuellement, deux sociétés privées proposent à La Réunion des acquisitions aériennes à partir d'ULM ou de petits avions. La partie «acquisition d'images » pourrait être confiée à l'une de ces sociétés, mais le traitement spécifique des images et leur interprétation pourrait être réalisés dans le cadre d'une société qui reste aujourd'hui à créer. Le scénario le plus vraisemblable, à discuter, serait une incubation d'entreprise au sein du CIRAD ou du CERF, partenaires du projet ; une étape de démonstration en conditions réelles est en effet nécessaire pour confirmer la faisabilité et la rentabilité du service.

V – Les perspectives

o Les difficultés rencontrées

Les principales difficultés rencontrées concernent l'acquisition des données :

- Les acquisitions aéroportées avec le drône se sont révélées difficiles en raison du régime de vent de La Réunion. Nous avons choisi de nous concentrer sur des acquisitions ULM, vecteur plus sûr concernant l'intégrité du matériel. Cependant, le drone reste un vecteur intéressant pour des acquisitions sur des surfaces limitées avec les appareils photographiques numériques. Une démonstration du drone en vol a été effectuée lors du colloque Canne08.
- Les incontournables difficultés liés à l'expérimentation (vol de matériel, parcelle brûlée, ...)
- La mise au point de la chaîne de pré-traitement des images s'est avérée plus longue que prévue.

o Les points forts du projet

Les points forts concernent la complémentarité des équipes constituant le projet (technique de la mesure, traitement du signal et de l'image, agronomie et filière) et sa double implantation géographique : à Montpellier, où se fait l'appui technique à l'acquisition des données et leur traitement, à La Réunion, avec une collaboration proche des organisations professionnelles de la canne et des spécialistes de l'agronomie au CIRAD.

o Les suites envisagées

Le projet AgriDrone va se poursuivre dans les prochains mois, essentiellement sur deux fronts :

- Un front valorisation des connaissances sous la forme de publications dans des revues scientifiques (1papier soumis et 2 papiers en cours de finition) et de communications sur le projet (exemple, encart sur le projet dans le Dossier Agropolis sur l'Information géographique qui sortira en 2009).
- Un front « Service », qui fait encore l'objet de discussion entre les partenaires du projet et la filière canne à La Réunion. Un dossier de demande d'aide financière pour les petites entreprise sera vraisemblablement déposé courant 2009. En plus de la filière canne à sucre, de nouveaux débouchés sont envisageables, car demandés, dans d'autres secteurs agricoles.

CIRAD-DIST
Unité bibliothèque
Lavalette

C - Compte rendu financier

Liste des agents réalisateurs par action (identité + diplôme)

	CIRAD-Montpellier		CIRAD-Réunion		Cemagref	Avion Jaune
	Ingénieur	**Technicien**	**Ingénieur**	**Technicien**	**Ingénieur**	**Ingénieur**
Gestion du projet	3 (AB)					
Action I						
1. Analyse besoins			1 (MH)			
2. Mesures parcelles exp.	0.5 (AB)		2.5 (VL) + 1 (JFM)	4 (CH) + 4 (EH)	1 (SL)	1 (BR)
3. Trait./ analyse						
3.1 Données aéroportées	2 (AB)	1 (SD)			1 (SL)	
3.2 Données bio et traitement	2 (AB)		1 (VL) + 1 (JFM)			
4. Mesures réel			2 (MH) + 1.5 (VL)			0.5 (BR)
5. Production carto	1 (AB)	2 (SD)				
Action II						
1. Dévelp. outil SIG	4 (PD)					
2. Valorisation	3 (AB)		1 (VL)		1 (SL)	
3. Séminaire	1 (AB)		1 (MH)			
4. Offre de service	0.5 (AB)		0.5 (MH)			0.5 (BR)
TOTAL	**17***	**3**	**12.5***	**8**	**3**	**2**

** 3 mois d'ingénieur qui ont été basculés du CIRAD-Réunion au CIRAD-Montpellier (accord DAR).*

Tableau 4 : Moyens humains (en homme/mois) mis en œuvre dans le projet AgriDrone.

AB : Agnès Bégué (Dr CIRAD)
PD : Pascal Degenne (Ingénieur CIRAD)
SD : Stéphane Dupuy (Technicien, CIRAD)
VL : Valentine Lebourgeois (Ingénieur CIRAD)
MH : Marion Houles (VCAT, CIRAD)
JFM : Jean-François Martiné (Dr CIRAD)
CH : Charles Hoarau (Technicien CIRAD, Réunion)
EH : Emmanuel Hoarau (Technicien CIRAD, Réunion)
SL : Sylvain Labbé (Ingénieur Cemagref)
BR : Bruno Roux (Avion jaune)

CIRAD-DIST
Unité bibliothèque
Lavalette