RAPPORT DE MISSION MULHOUSE

27 au 28 mai 2008

Visite de l'ENSISA et de l'ICSI

Unité de Recherche Systèmes de culture annuels (UR 102)

BACHELIER Bruno
CRETENET Michel
GOURLOT Jean-Paul
LASSUS Serge
MARAUX Florent
POITEL Mireille

Sommaire

1. RAPPEL DES OBJECTIFS DE LA MISSION 2

2. PROGRAMME ET PERSONNES RENCONTRÉES 3

3. BREF HISTORIQUE DE LA COLLABORATION CIRAD – ENSISA 3

4. PLACE DE LA TECHNOLOGIE (DONT COTON) DANS L'UR 102 4

5. VISITE DE L'ATELIER FILATURE / TRICOTAGE DE L'ENSISA 5

6. VISITE DE L'ATELIER TISSAGE DE L'ENSISA 5

7. VISITE DE L'ICSI (INSTITUT DE CHIMIE DES SURFACES ET INTERFACES) 6

8. PERSPECTIVES – SYNTHESE DE LA MISSION 7

ANNEXE: DRAFT DE L'ACCORD CADRE DE COOPÉRATION 9

1. RAPPEL DES OBJECTIFS DE LA MISSION

La mission faisait suite à la dernière visite du Professeur Dréan au CIRAD (avril 2008) ; elle avait plus particulièrement pour but :

- de mieux connaître les personnes et l'environnement universitaire et scientifique de nos partenaires,
- de revoir l'accord de partenariat signé dans les années 90 et de l'adapter à notre coopération renouvelée ;
- de définir un mode de fonctionnement mentionnant les sujets d'intérêt commun et l'utilisation des résultats produits
- de préciser les nouveaux domaines à explorer et partager (fibres de canne à sucre etc.)
- de préciser les modalités de fonctionnement particulières pour assurer une veille technologique au moins sur les nouveaux outils et méthodes de caractérisation,
- de préciser le cadre des activités de formation, traditionnelle ou à distance à partager.

2. PROGRAMME ET PERSONNES RENCONTRÉES

Mardi 27/05/08	matin	Montpellier (6h) – Mulhouse (13h) par route	
	après-midi	Présentation de l'ENSISA	Pr Jean-Yves DRÉAN
		Visite de ses installations	Pr Jean-Yves DRÉAN Dr Omar HARZALLAH
		Discussion sur la caractérisation des fibres de canne à sucre	Pr Jean-Yves DRÉAN
	soir	Diner conjoint ENSISA-CIRAD	Pr Jean-Yves DRÉAN Dr Omar HARZALLAH Dr Jean-François LE MAGNEN Dr Aziz LALLAM
Mercredi 28/05/08	matin	Présentation du CIRAD, de l'UR 102 et de son équipe « Techno » (F. MARAUX et J.-P. GOURLOT)	Pr Jean-Yves DRÉAN Pr Marc RENNER Dr Omar HARZALLAH Dr Jean-François LE MAGNEN Dr Aziz LALLAM
		Visite de l'ICSI (CNRS)	Dr Marie-France VALLAT
		Discussion sur l'élaboration de la convention ENSISA-CIRAD	Pr Jean-Yves DRÉAN
	midi	Déjeuner conjoint ENSISA-CIRAD	Pr Jean-Yves DRÉAN
	après-midi	Mulhouse (14h) – Montpellier (23h) par route	

3. BREF HISTORIQUE DE LA COLLABORATION CIRAD – ENSISA

L'Ecole Nationale Supérieure d'Ingénieurs Sud Alsace (ENSISA, site www.ensisa.uha.fr), implantée à Mulhouse sur le campus de l'Université de Haute-Alsace (UHA), est issue de la fusion de plusieurs écoles, dont l'Ecole Nationale Supérieure des Industries Textiles de Mulhouse (ENSITM), partenaire historique du CIRAD dans le domaine textile. L'ENSISA forme des ingénieurs, des masters et des doctorants au travers de coopérations avec des centrales de recherche et des partenaires privés dans le monde. Cette école dispose en son sein du Laboratoire de Physique et des Matériaux Textiles (LPMT), entité détachée du CNRS, pour satisfaire aux besoins de formation par la recherche dictés par l'école doctorale de l'UHA.

Un contrat de coopération avait été signé début 1997 entre l'ENSITM et le CIRAD de manière à :

- pouvoir former des agents CIRAD en cycle doctoral
- faire du Laboratoire de Technologie Cotonnière du CIRAD un laboratoire d'accueil pour des étudiants de Mulhouse, permettant ainsi aux agents CIRAD de s'impliquer dans des co-directions et des jurys de thèses.

Les thèmes de recherche abordés pendant ces 10 années ont portés sur :
1) les contaminants que sont le collage des fibres de coton et les débris de coque de graine de coton dans les fibres,
2) une approche des caractéristiques fines des fibres,
3) l'aptitude à la transformation des fibres en filés incluant l'évaluation des caractéristiques technologiques des uns et des autres.

Les approches consistaient à constater, comprendre et expliquer les phénomènes observés le plus souvent grâce à des mises au point d'instruments ou de méthodes de caractérisation objectives. Les impacts des phénomènes observés étaient également évalués avec un champ de vision très large, du champ ou de la variété jusqu'aux textiles finis.

Pour ce qui concerne le CIRAD, cette coopération a permis à Richard Frydrych d'obtenir une thèse et une habilitation à diriger les recherches, à Jean-Paul Gourlot d'obtenir une thèse. Pour ce qui concerne l'encadrement, cinq étudiants en doctorat ont été co-encadrés à Mulhouse et/ou à Montpellier (Omar Tamime, Mourad Krifa, Rungsima Chollakup, Asma Amara, Sharam Nowrouzieh) et huit ingénieurs en troisième année d'école, ou DEA ont été directement encadrés par des agents du CIRAD depuis 2000. Plus généralement, cette coopération a permis au CIRAD d'adosser sur un partenaire universitaire et de recherche reconnu à l'échelle internationale, et d'un autre coté, de faciliter pour lui une ouverture sur nos partenaires du sud.

4. PLACE DE LA TECHNOLOGIE (DONT COTON) DANS L'UR 102

Au sein de l'UR SCA, les activités dans le domaine de la technologie doivent maintenant trouver leur "légitimité" dans la démarche systémique qui est appliquée à l'étude et à l'analyse des systèmes de culture annuels. Aussi, le principal objet de recherches en technologie correspond à la "qualité des produits et sous produits", et à leur caractérisation. Les activités en technologie au cœur de l'UR SCA sont désormais :

- la caractérisation des produits et sous produits élaborés dans le cadre de ces systèmes de culture, avec :
  - l'élaboration au sens "agronomique" des caractéristiques technologiques des produits,
  - la gestion de la qualité des produits jusqu'à la satisfaction du cahier des charges des industriels, pour le coton comme pour la canne. Cette dimension ne s'arrête pas à la porte de l'usine,
- les questions d'échantillonnage et de métrologie permettant de traiter les changements d'échelle (fruit, plant, parcelle, marché, zone usine, balle),
- l'expertise sur l'égrenage, les laboratoires d'analyses, le classement,
- la formation.

Les <u>activités de recherche "en propre" sur les instruments</u> de mesure des caractéristiques des produits et sous produits ne sont pas (plus) intégrées dans la programmation scientifique de l'UR SCA. La visite auprès de l'ENSISA avait entre autres objectifs d'évaluer la possibilité de prendre en compte ces questions dans le cadre de notre partenariat avec cette école. Ainsi, ont été évoquées comme contenus aux nouvelles orientations de ce partenariat :

- l'évaluation du potentiel textile des fibres de la canne à sucre a été retenue comme sujet pour un étudiant en master en 2008/2009,
- la question des cotons collants, instruite initialement dans le cadre d'un GDR (groupe de recherche) pourrait être soumise au programme "blanc" de l'ANR,
- la question de l'"ouverture" à d'autres fibres textiles naturelles (partenariat avec la Tunisie de l'ENSISA sur l'alfa),
- le développement de la thématique « Fibres et développement durable » (initiée par l'ENSISA).

Par ailleurs, afin d'assurer que les objectifs de recherche apportent bien les résultats attendus au CIRAD, des co-encadrements d'étudiants seront fréquents et favorisés. Dans ce cadre, il conviendra d'être vigilant sur le maintien de compétences en technologie et en transformation de la part des agents CIRAD impliqués (formation par la recherche notamment), faute de quoi on aurait une érosion des savoirs de l'UR dans ce domaine, avec les conséquences que cela comporterait sur la capacité de l'UR à caractériser la qualité, et à comprendre son élaboration au niveau de la parcelle cultivée.

5. VISITE DE L'ATELIER FILATURE / TRICOTAGE DE L'ENSISA

Nous avons visité l'atelier filature et tricotage. A notre grand regret, nous n'avons pas pu voir les machines fonctionner mais J.Y. Dréan nous a présenté les techniques et les machines utilisées à l'ENSISA dans les domaines de la filature et de la maille.

En filature, nous avons vu la carde d'où sort le voile qui passe au banc d'étirage afin d'obtenir des rubans ; à ce stade, deux possibilités sont offertes selon le type de fibres employées :

- les rubans à base de fibres longues passent au banc à broches pour obtenir des mèches (mises sur bobines) qui passent ensuite sur continu à filer,
- les rubans à base de fibres courtes alimentent la filature de type *open end*.

En ce qui concerne le tricotage, J.Y. Dréan nous a présenté différents métiers utilisant un seul fil (tricotage trame), des machines à tricoter rectilignes pour les grosses mailles ainsi qu'une machine à tricoter circulaire pour les mailles fines utilisée notamment pour le Jacquard. D'autres types de machines à tricoter utilisent plusieurs fils (tricotage chaîne) qui permettent d'obtenir un tricot "indémaillable".
Toutes les machines que nous avons pu voir ainsi sont semi-industrielles et sont utilisées pour les cours et les recherches.

6. VISITE DE L'ATELIER TISSAGE DE L'ENSISA

La visite de l'atelier tissage s'est déroulée juste après la visite de l'atelier filature et tricotage. Le professeur Jean-Yves Dréan a eu la gentillesse d'emmener toute la délégation du Cirad pour poursuivre les visites à l'atelier tissage, qui se trouve dans les locaux du LPMT. L'atelier tissage possède nombre de machines qui sont utilisées dans le cadre pédagogique et de la recherche. Par manque de temps, nous n'avons cependant pas pu les voir fonctionner.

Le principe du tissage est d'entrecroiser des fils pour qu'ils se tiennent entre eux, contrairement au tricot où le fil « s'accroche » à l'ouvrage pour faire des mailles, et pour lequel il est très difficile de modéliser et calculer des propriétés physiques. Dans un tissu, les fils sont placés perpendiculairement les uns aux autres. Les fils ***verticaux*** constituent la chaîne, les fils ***horizontaux*** constituent la trame.

L'atelier tissage dispose de machines permettant de réaliser les 2 phases de transformation du fil en tissu :

- La préparation : Cantres (bobines)
  Ourdissoir
  Ensouple
- Le tissage : Métier de tissage classique (en bois) datant de 1870
  Métier à lances
  Métier à navettes
  Métier à projectiles
  Métier Jacquard (sélection individuelle des fils de chaîne).

Lors du tissage, compte tenu notamment des contraintes mécaniques exercées sur les fils de chaîne, des incidents peuvent survenir (casses de fil), pouvant nécessiter beaucoup de temps pour la réparation.

7. VISITE DE L'ICSI (INSTITUT DE CHIMIE DES SURFACES ET INTERFACES)

Cet institut (site http://www.icsi.uha.fr/), situé également sur le campus de l'UHA, est un laboratoire pluridisciplinaire composé de plus de 100 personnes (chercheurs et enseignant-chercheurs, doctorants et post-doctorants, personnel technique et administratif) dont la moitié permanentes. En l'absence de M. NARDIN, avec lequel le CIRAD et l'ENSISA collaborent sur le collage du coton, l'ICSI nous a été présenté par Mme VALLAT.

Issu du Centre de Recherche sur la Physico-Chimie des Surfaces Solides (CRPCSS), essentiellement tourné vers l'activité carbone, c'est aujourd'hui une unité propre du CNRS (UPR 9069) dont les activités de recherche sont centrées sur l'étude (chimique, morphologique, etc.) des interfaces et des surfaces, tant du point de vue fondamental que de celui des applications. Ces activités se répartissent en 3 thèmes : i) chimie des interfaces (films minces, polymères, etc.), ii) interactions surfaces / matières vivantes (biofilms) et iii) carbone, céramiques et matériaux hybrides. De nombreux travaux sont conduits en relation avec des industriels et le financement de l'ICSI (hors salaires) est assuré pour 40 à 50 % par le privé. Les équipes de recherche s'appuient sur des services communs disposant d'appareils d'observation, de mesure et d'essais : spectroscopes (XPS[1], FTIR[2], Raman[3]), microscopes

---

[1] ***X-Ray Photoelectron Spectroscopy*** **:** permet de mesurer le nombre d'électrons émis dans un intervalle d'énergie en fonction de l'énergie de liaison des électrons. Chaque élément chimique étant caractérisé par un spectre unique, cette méthode spectroscopique permet d'analyser précisément la nature chimique d'un matériau donné. Des analyses semi-quantitatives peuvent être également extraites des spectres XPS normalisés en se basant sur la hauteur des pics et sur la surface sous les pics. L'identification de l'état chimique d'un élément peut être obtenue à partir de la mesure exacte de la position des pics et de leurs séparations en énergie.

[2] ***Fourier Transformed InfraRed spectroscopy*** : basée sur l'absorption d'un rayonnement infrarouge par le matériau analysé, elle permet d'effectuer l'analyse des fonctions chimiques présentes dans le matériau via la détection des vibrations caractéristiques des liaisons chimiques.

[3] **L'effet Raman** est un phénomène optique qui consiste en la diffusion inélastique d'un photon, phénomène physique par lequel un milieu peut diffuser de la lumière en modifiant légèrement sa fréquence. Ce décalage en fréquence correspond à un échange d'énergie entre le rayon lumineux et le milieu.

(électronique à balayage, électronique en transmission, à champ proche type AFM[4] et STM[5]), rayons X (diffractomètre grands angles DRX et petits angles SAXS[6]) essais mécaniques (analyse thermique, analyse mécanique dynamique et statique, analyse diélectrique, matériels de mise en œuvre).

Les principaux problèmes liés à l'utilisation de ces appareils sont l'échantillonnage (quelle représentativité ?) et la course aux plus petites échelles d'observation (risque de passer à côté d'aspects importants à des échelles supérieures).

De telles installations, et les équipes de chercheurs qui les utilisent, ont déjà été mobilisées pour ou en relation avec le CIRAD (collage du coton, R. Frydrych ; caoutchouc, S. Palu) et restent potentiellement mobilisables pour nos futurs travaux sur les fibres.

8. PERSPECTIVES – SYNTHESE DE LA MISSION

Dans l'affichage des six axes stratégiques du CIRAD, les recherches en technologie et en transformation des produits issus de certaines cultures tropicales comme le cotonnier ne constituent plus des priorités stratégiques. Dans ce cadre, l'UR 102 « Systèmes de Culture Annuelles » a été configurée, et a intégré le Laboratoire de Technologie Cotonnière en son sein ; le centre de gravité de l'UR est maintenant résolument posé dans le champ de la parcelle cultivée, et le mandat de l'équipe « techno » a été reprécisé ainsi :

- s'occuper de caractérisation des produits, dans le cadre d'une démarche qualité selon ISO 17025, pour soutenir les efforts d'explication et de recherche localisés à la parcelle cultivée,
- participer au projet « élaboration de la qualité »,
- participer au projet de « gestion de la qualité »,
- participer au projet CFC/ICAC/33 (avec l'appui d'agents des autres équipes de l'UR102),
- réaliser des expertises, des formations, *etc.*

Ainsi, une partie des attributions historiques du Laboratoire de Technologie Cotonnière du CIRAD devrait être déportée vers le partenaire ENSISA, avec lequel nous travaillions traditionnellement.

---

[4] ***Atomic Force Microscope*** **(microscope à force atomique)** : permet d'imager la surface de matériaux isolants tels que les polymères, les céramiques et les matériaux biologiques à des résolutions atomiques. Son principe consiste à balayer la surface de l'échantillon avec une pointe fixée sur un bras de levier flexible qui suit le relief du matériau à observer. La déformation du levier, éclairé par un laser, est mesurée par un photodétecteur et enregistrée sur un ordinateur. Ces données permettent ensuite de dresser la carte «topographique» de l'échantillon. Résolution latérale ≈ 10 nm, résolution verticale ≈ 1 Δ, surface visualisable 10 nm à 150 µm.

[5] ***Scanning Tunneling Microscope*** **(microscope à effet tunnel)** : utilisé pour l'étude des surfaces des matériaux conducteurs, il permet de visualiser les atomes et d'obtenir des images à l'échelle atomique. Principe : une pointe métallique extrêmement fine – nanopointe – terminée par quelques atomes, voire un seul, survole la surface du matériau à quelques nanomètres de distance. Une tension électrique est appliquée entre la pointe et la surface. Des électrons peuvent alors franchir cette distance par l'« effet tunnel » et produire un courant électrique. En déplaçant la pointe sur la surface on peut établir une carte du relief de cette surface et repérer ainsi les atomes et leur disposition relative avec une précision de l'ordre de 0,1 nm. Avec cette pointe on peut également manipuler des atomes et les déplacer un à un.

[6] ***Small Angle X-Ray Scattering***

En termes pratiques, les recherches en technologie et en transformation seront conduites conjointement et contractuellement avec l'ENSISA et, autant que faire se peut, devront expliquer des phénomènes observés à la parcelle, contribuant ainsi à la mise au point de systèmes de culture durables.

Ces dispositions ont été expliquées aux partenaires de l'ENSISA, et il est apparu comme complètement possible d'adapter les cadres et objectifs de notre coopération. Ces orientations sont par ailleurs conformes aux évaluations attendues de l'AERES par les deux parties. Plusieurs initiatives à mettre en place à très court terme ont été évoquées, dont :

- un Mastère exploratoire sur la connaissance des propriétés des fibres de canne à sucre (septembre 2008) et
- l'accueil partagé de deux doctorants africains (Ouest et Est) dans le cadre du projet CFC/ICAC/33[7].

Par ailleurs, le contrat cadre, en cours de rédaction (voir annexe), a pour but de repréciser, et de donner un cadre durable pour l'implication du CIRAD et de l'ENSISA en partenariat. Y sont ainsi évoquées les composantes de recherche, de veille technologique, d'accueil et de formation d'étudiants, et de partenaires du sud.

Il est prévu de finaliser ce contrat cadre rapidement, même si nos activités conjointes ont fonctionné correctement sans ce formalisme.

---

[7] La discussion avec le Professeur Dréan sur l'accueil de thésards dans le cadre de ce projet indique qu'un dossier doit être constitué de la manière suivante pour être soumis au comité scientifique de l'école doctorale :

- Un CV à jour
- Tout document attestant des informations mentionnées dans le CV, comme copie de communications, publications, rapports (note importante : les documents devant respecter une confidentialité seront gardés confidentiels pour peu que cela nous le soit indiqué).
- Lettre de motivation, mentionnant la possibilité d'effectuer des voyages régionaux et internationaux pour le projet, l'intérêt pour la recherche…
- Si cela est possible, le nom et l'adresse d'un Professeur d'université volontaire dans la région auprès duquel on pourrait créer une coopération « Université locale / université française / étudiant / entité d'embauche de l'étudiant s'il est salarié par ailleurs et CIRAD ».
- Enfin, pour la sélection du candidat par les porteurs du projet, il est probable que nous effectuerons un jury de sélection d'une petite demi-journée environ comprenant une phase de présentation (environ 20-30 minutes) d'un travail (si possible de recherche et/ou d'expérimentation, sinon tout autre travail structuré ferait l'affaire) par l'étudiant suivi d'un temps d'échange / question avec les membres du jury (le Professeur régional, Axel Drieling et moi au moins).

ANNEXE: DRAFT DE L'ACCORD CADRE DE COOPÉRATION

ENTRE

Le CIRAD (Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement), établissement public à caractère industriel et commercial, représenté par son Directeur général monsieur Gérard Matheron, ayant son adresse 42, rue Scheffer, 75116 Paris

ci-après désigné « le CIRAD », d'une part,

ET

L'ENSISA (Ecole Nationale Supérieure des Ingénieurs Sud-Alsace), représentée par _____, ayant son adresse _____

ci-après désigné « l'ENSISA », d'autre part

ci-après désigné individuellement « la partie » ou collectivement « les parties »

IL A ETE CONVENU CE QUI SUIT.

Article 1 -Objectif de l'accord cadre

Le présent accord cadre a pour objet de définir un cadre régulier de concertation et d'information réciproque, de promotion et de suivi des activités menées en partenariat entre le CIRAD et l'ENSISA. Il fixe les modalités générales de cette collaboration entre les deux établissements, seuls ou avec d'autres organismes, ainsi que la répartition des droits et des obligations qui en découlent.

Des conventions particulières déterminent les modalités d'exécution des différentes actions de coopération.

Article 2 -Domaine de coopération

Le CIRAD a développé de nombreux savoir-faire dans le domaine de la mesure des propriétés physiques, mécaniques et chimiques de la fibre et du fil de coton. On peut citer en particulier ses nombreuses études sur le collage et sur son incidence sur les processus de transformation, sur la finesse, sur la maturité et sur la teneur en fragments de coques de la fibre. Elles ont permis de mettre au point des indices de sélection utilisés avec succès depuis de nombreuses années dans des programmes d'amélioration variétale. Dans le cadre de ces activités, le CIRAD a notamment développé des compétences dans le domaine de la reconnaissance de défauts par analyse d'image sur textile linéaire ou surfacique ainsi que dans la mise au point de logiciels. Après avoir développé des travaux de recherches sur la laine et sur la soie, le CIRAD s'oriente actuellement vers le renforcement

de ses connaissances et de ses compétences relatives à la caractérisation d'autres fibres issues de cultures tropicales.

L'ENSISA a développé de nombreuses compétences dans les domaines d'étude des propriétés physiques, mécaniques et chimiques de fibres, dans le domaine de la transformation des fibres en textile linéaire et surfacique ainsi que dans le domaine de la mesure de propriétés spécifiques des matériaux textiles.

Le CIRAD et l'ENSISA, pour ces motifs, désirent engager un partenariat dont l'objectif est de conduire en collaboration des activités de recherche sur des sujets d'intérêt commun tels que :

- l'établissement, l'actualisation, le test sur le terrain des critères et indicateurs nécessaires pour caractériser les produits du cotonnier, de la canne à sucre, *etc.*, de manière à satisfaire les utilisateurs ;
- l'étude de la pertinence et de l'acceptabilité des méthodes et outils associés à ces caractérisations ;
- l'étude des modes d'échantillonnage et d'analyse statistique pour obtenir des mesures représentatives des produits et indicateurs, sachant que les caractérisations fines se feront de plus en plus à une échelle microscopique voire nanoscopique ;
- l'étude des articulations entre les modèles existants ou à créer :
- modèle d'élaboration des productions et de la qualité des produits (tant en valeur moyenne qu'en variabilité) à partir d'informations collectées au niveau de la parcelle cultivée ;
- modèle de « transportabilité » des produits à partir de leurs caractéristiques / propriétés intrinsèques.

Par ailleurs, le CIRAD et l'ENISA souhaitent développer (à rédiger)

- Les interfaces « formations diplômantes » avec les ressortissants des pays du Sud, avec le renforcement du rôle de laboratoire d'accueil de Montpellier pour les accueils de stagiaires, étudiants et doctorants et visiteurs dans des domaines d'intérêt partagés entre les deux structures
- Une collaboration sur le sujet « fibres et développement durable », notamment avec les pays du Sud.

Article 3- Conventions particulières

Au cas par cas, en fonction de la nature et de l'importance des activités, des conventions particulières, faisant référence au présent accord cadre, précisent les objectifs à atteindre, les conditions techniques et financières y afférentes, les moyens à mettre en œuvre, leur répartition entre les parties et leurs modes de gestion, les conditions spécifiques d'exploitation des résultats, de publication et de confidentialité, les droits de propriété intellectuelle, particulièrement au cas où une valorisation commerciale des activités menées en commun est attendue.

En cas de conflit entre les clauses de l'accord cadre et les clauses des conventions particulières, ces dernières prévalent.

Article 4- Responsabilités

Chaque organisme signataire reste pleinement et uniquement responsable de ses propres actions et obligations et rien dans les activités conduites en référence au présent accord cadre par un de ses agents ne saurait engager l'autre partie.