

# Aval Fonio

Amélioration de l'après récolte et valorisation du fonio en Afrique

## Rapport scientifique et technique final



Coordination du projet : CRUZ Jean-François (Cirad)

Date début : 17 décembre 2012

Date fin : 16 juin 2016

**CIRAD (Centre de Coopération internationale en Recherche Agronomique pour le Développement)**

UMR QualiSud, Dépt. PERSYST, TA B-95/16, 73 rue Jean François Breton, 34398 Montpellier Cedex 5, France

Octobre 2016



Union Africaine



Union Européenne  
Procédure EuropeAid



Projet n° AURG/2/161

# **Aval Fonio**

**Amélioration de l'après récolte et valorisation du fonio en Afrique**

## **Rapport scientifique et technique final**

**Cruz Jean-François, Goli Thierry, Ferré Thierry, Thauhay Patrice**

**CIRAD (Centre de Coopération internationale en Recherche Agronomique pour le Développement)**

Octobre 2016

Auteurs: **Cruz** Jean-François (1), **Goli** Thierry (1), **Ferré** Thierry (2), **Thaunay** Patrice (1)

(1) Cirad , UMR QualiSud, Département PERSYST, TA B-95/16, 73 rue Jean François Breton,  
34398 Montpellier Cedex 5, France

(2) Cirad, UMR Innovation, Département ES, TA C-85/15, 73 rue Jean François Breton,  
34398 Montpellier Cedex 5, France

Ce travail a été réalisé en collaboration avec les membres du Comité de pilotage scientifique et technique du projet Aval Fonio:

- **Béavogui** Famoï (IRAG, Guinée), Responsable WP1
- **Camara** Sawa (IRAG, Guinée), WP1
- Mme **Coulibali** Salimata (IER, Mali), Co-responsable WP3
- **Diallo** Thierno Alimou (IRAG, Guinée) Co-responsable WP2,
- Mme **Guindo** Fanta (IER, Mali), Co-responsable WP3
- **Kébé** Cheikh Mouhamed Fadel (ESP-UCAD, Sénégal), Co-responsable WP3
- **Medah** Ignace (IRSAT Burkina), Co-responsable WP4
- **Ntahomvukiye** Stany (CNTA, Burundi), WP2

Les auteurs souhaitent remercier les chercheurs et techniciens qui ont participé au projet et particulièrement:

- **Anne** Alkassoum Abdoulaye (ESP-UCAD, Sénégal), WP3
- **Ayessou** Nicolas (ESP-UCAD, Sénégal), WP3
- Mme **Bancal** Victoria (Cirad, France), WP3
- **Barro** Nesson Bamissa (IRSAT, Burkina Faso), WP4
- **Bougma** Samuel (IRSAT, Burkina Faso), WP4
- **Cissé** Mady (ESP-UCAD, Sénégal), WP3
- **Delpech** Antoine (Cirad, France), WP3
- **Diallo** Abdoul (ESP-UCAD, Sénégal), WP3
- **Fleuriot** Jean-Paul (Cirad, France), WP3
- **Kaboré** Antoine Crépin (IRSAT, Burkina Faso), WP4
- **Kambiré** Fabekouré (IRSAT, Burkina Faso), WP4
- **Kane** Cheikhou (ESP-UCAD, Sénégal), WP3
- **Kiogo** Raymond (IRSAT, Burkina Faso), WP4
- Mme **Lemaitre** Virginie (Cirad, France), WP3
- **Loua** Francis (Guinée), WP2
- **Méot** Jean-Michel (Cirad, France), WP3
- Mme **Ouedraogo** Patricia (IRSAT, Burkina Faso), WP4
- **Ricci** Julien (Cirad, France), WP3
- **Rivier** Michel (Cirad, France), WP3
- **Sambou** Vincent (ESP-UCAD, Sénégal), WP3
- **Soufountera** Mamadou (IER, Mali), WP3
- Mme **Tangara Sidibé** Adiaratou (IER, Mali), WP3
- **Tangara** Kola (IER, Mali), WP3
- Mme **Traoré** Soungalo (IER, Mali), WP3

Ils souhaitent également remercier tous les acteurs privés (PME, GIE, équipementiers, ONG, producteurs...) qui ont participé aux activités, les responsables administratifs et financiers des institutions partenaires et les responsables de l'Autorité Contractante.

*Nota : Ce travail est soutenu financièrement par l'Union Africaine (procédure EuropeAid). Il ne reflète pas nécessairement les vues et en aucun cas ne préfigure la politique future de l'Union Africaine dans le domaine.*

Photo de couverture : Séchage du fonio en séchoir « serre solaire CSec-S » au Sénégal (© M. Rivier, Cirad)

# Sommaire

	<b>Pages</b>
<b>1 – Description</b>	1
<b>2 - Evaluation de la mise en œuvre des activités de l'Action</b>	3
<b>2.1. Résumé de l'Action</b>	3
English summary	4
<b>2.2. Activités et résultats</b>	5
<b>2.2.1. WP1 : Analyse des systèmes de production et des systèmes post-récolte</b>	5
Activité 1.1. Typologie des exploitations et des systèmes post-récolte associés	5
Activité 1.2. Contraintes auxquelles sont soumis les producteurs et perspectives	9
<b>2.2.2. WP2 : Mécanisation des techniques post-récolte du fonio</b>	11
Activité 2.1 Mécaniser la récolte du fonio	11
Activité 2.2. Adapter des batteuses et des nettoyeurs	12
<b>2.2.3. WP3: Amélioration des technologies de transformation et stabilisation</b>	14
Activité 3. Mise au point des procédés de lavage et de dessablage du fonio	14
Activité 4. : Adaptation et validation de séchoirs pour les PME transformatrices	21
<b>2.2.4. WP4: Processus d'innovation dans les petites agro-industries</b>	27
Activité 5.1 : Identifier les acteurs du système d'innovation de la transformation	27
Activité 5.2 : Etudier les relations entre les composantes du système d'innovation	29
Activité 5.3. Accompagner les processus d'innovation	33
<b>2.2.5. WP5: Animation, coordination et communication</b>	34
Activité 6.1 : Réaliser un site internet pour informer les acteurs	34
Activité 6.2 : Organiser un séminaire en invitant d'autres pays producteurs	34
Activité 6.3 : Publier les résultats sous la forme d'articles et d'un cédérom	34
Activité 7.1 : Organiser et animer des ateliers spécifiques et les réunions annuelles	34
Activité 7.2 : Former les partenaires	37
<b>2.3. Activités modifiées</b>	37
<b>2.4. Résultats du projet Aval Fonio</b>	38
<b>2.5. Résultats pour les bénéficiaires finaux et groupes cible</b>	39
<b>2.6. Produits réalisés au cours du projet</b>	40
<b>2.7. Contrat de plus de 10 000 euros</b>	43
<b>2.8. Poursuite de l'action</b>	43
<b>2.9. Aspect genre</b>	43
<b>2.10. Suivi et évaluation</b>	43
<b>2.11. Connaissance acquise</b>	43
<b>3 - Partenaires et autre coopération</b>	44
<b>4 – Visibilité</b>	46
<b>Signature</b>	48



# 1. Description

---

## 1.1. Nom du bénéficiaire du contrat de subvention:

Cirad - Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement  
Etablissement Public à Caractère Industriel et Commercial. Registration No. 331 596 270  
42, rue Scheffer  
75116, Paris, France  
Tel : +33 1 53 70 20 45 ; Fax : +33 1 53 70 20 34 ; E-mail : [pdg@cirad.fr](mailto:pdg@cirad.fr)

## 1.2. Nom et fonction de la personne de contact:

Cruz Jean-François, ([jean-francois.cruz@cirad.fr](mailto:jean-francois.cruz@cirad.fr))  
Cadre scientifique Cirad, Département Persyst, UMR Qualisud

## 1.3. Nom des partenaires de l'Action:

Partenaire 1 :

Institut de Recherche Agronomique de Guinée (IRAG), Conakry, Guinée  
Béavogui Famoï, Directeur Général de l'IRAG ([beavogui@gmail.com](mailto:beavogui@gmail.com))

Partenaire 2 :

Institut d'Economie Rurale (IER), Bamako, Mali  
Mme Coulibaly Salimata Sidibé, Chef du LTA/IER ([salimatas3@gmail.com](mailto:salimatas3@gmail.com))

Partenaire 3 :

Institut de Recherche en Sciences Appliquées et Technologies (IRSAT) Ouagadougou, Burkina.  
Diawara Bréhima, Directeur de l'IRSAT ([dirtsat@fasonet.bf](mailto:dirtsat@fasonet.bf)) ([b.diawara@yahoo.fr](mailto:b.diawara@yahoo.fr))

Partenaire 4 :

Ecole Supérieure Polytechnique/Université Cheikh Anta Diop (ESP/UCAD), Dakar Fann, Sénégal. Kébé  
Cheikh Mouhamed Fadel ([cmkebe@gmail.com](mailto:cmkebe@gmail.com))

## 1.4. Intitulé de l'Action:

Amélioration de l'après récolte et valorisation du fonio en Afrique (Aval Fonio)

## 1.5. Numéro du contrat: AURG/161/2012

## 1.6. Date de début et date de fin de l'Action:

17 décembre 2012, 16 juin 2016

## 1.7. Pays ou région(s) cible(s):

Guinée, Mali, Burkina, Sénégal (et Burundi)

## 1.8. Bénéficiaires finaux et/ou groupes cibles<sup>1</sup> (si différents) (y inclus le nombre de femmes et d'hommes):

Bénéficiaires finaux : Acteurs de la filière fonio en Afrique et particulièrement les femmes

Groupes cibles Producteurs du Fouta Djallon (Guinée) – Groupements de femmes et PME transformatrices au Burkina Faso, au Mali, au Sénégal - Equipementiers locaux. Systèmes Nationaux de Recherche en Guinée, au Mali, au Burkina Faso, au Sénégal (et au Burundi)

## 1.9. Pays dans lequel/lesquels les activités sont réalisées (si différent du point 1.7):

Guinée, Mali, Burkina, Sénégal

---

<sup>1</sup> Les "groupes cibles" sont les groupes/entités pour lesquels le projet aura eu un apport direct et positif au niveau de l'objectif du projet, et les "bénéficiaires finaux" sont ceux qui bénéficieront du projet à long terme au niveau de la société ou d'un secteur.

### 1.10. Structure de l'action

L'Action qui s'appuie sur la complémentarité des partenaires et sur leur connaissance des terrains d'intervention est organisée en 5 *workpackages* (WP) détaillés ci-dessous et représentés schématiquement en figure 1 où apparaissent aussi les groupes cibles.

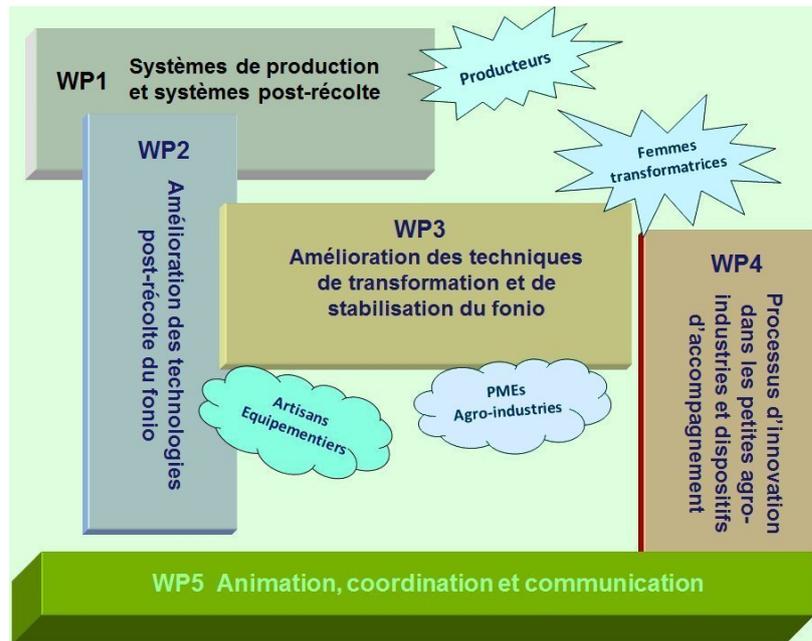


Figure 1 : Schéma des workpackages

Les principales activités sont illustrées par le diagramme suivant (figure 2)

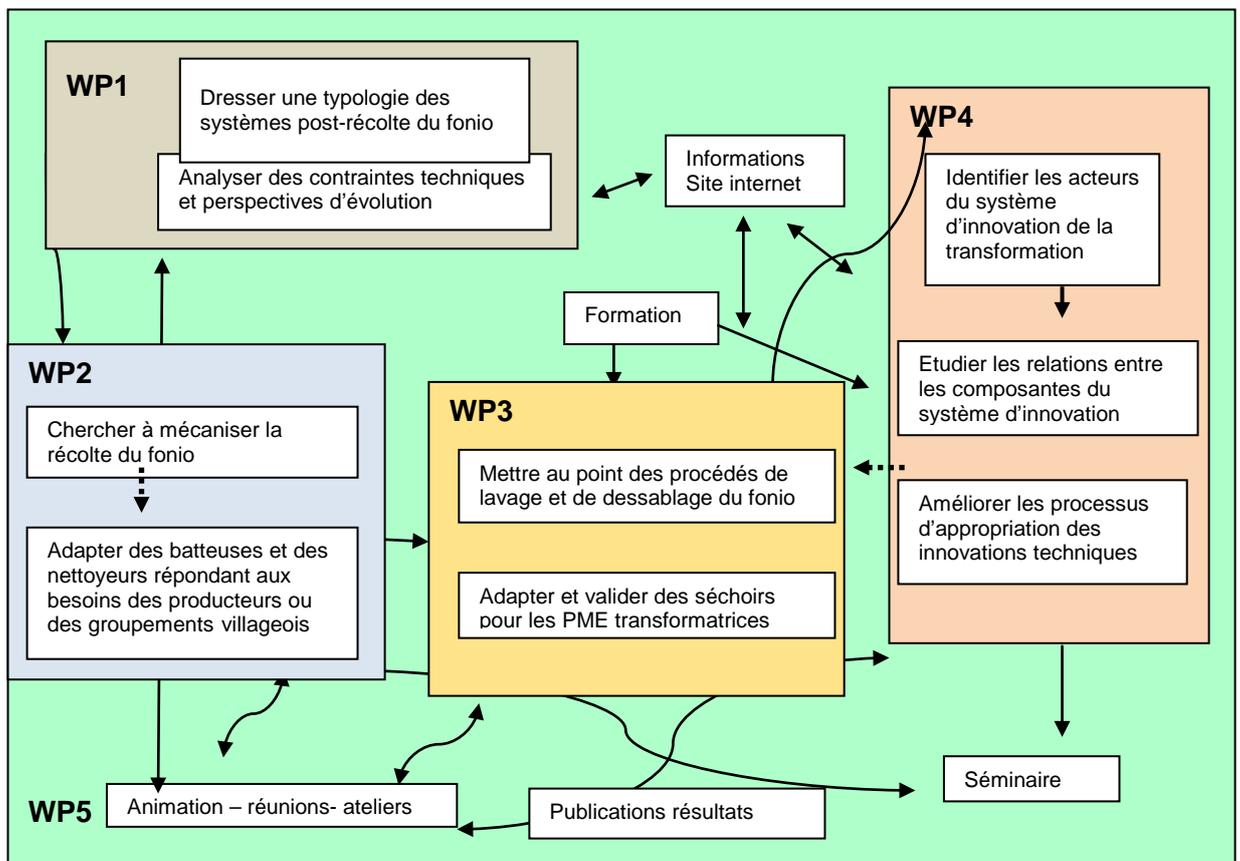


Figure 2. Diagramme des principales activités de l'Action

## 2. Evaluation de la mise en œuvre des activités de l'Action

---

### 2.1. Résumé de l'Action

Le projet Aval Fonio (AURG/161/2012) signé à l'Union Africaine à Addis Abeba le 17 décembre 2012 pour une durée de 36 mois a été prolongé de 6 mois jusqu'au 16 juin 2016 (addendum n°1 de l'Union Africaine du 5 octobre 2015 portant la durée du projet à 42 mois). Initialement prévu en Guinée, le lancement effectif du projet a eu lieu au Sénégal en avril 2013. La clôture du projet a eu lieu en France en juin 2016.

Les activités du WP1 « *Analyse des systèmes de production et des systèmes post-récolte* » ont été réalisées en Guinée dans 7 préfectures du Fouta Djallon où la culture du fonio est très fréquente dans les champs extérieurs mais aussi dans les tapades. Les sites de l'étude se situent en majorité dans des plaines et sur les coteaux ou en montagne. Dans tous les villages concernés où vivent plusieurs dizaines de milliers de personnes (dont une majorité de femmes), le fonio est la principale culture en termes de superficie avec plus de 75 % des surfaces cultivées. Il est suivi du riz et du maïs mais aussi de la pomme de terre, du manioc et de l'arachide. Dans l'alimentation des populations, le fonio occupe la deuxième place après le riz mais loin devant le maïs. Au cours du projet, les producteurs ont signalé une augmentation de la production de fonio et ont souligné les besoins cruciaux en mécanisation des opérations post-récolte.

Pour le WP2 « *Mécanisation des techniques post-récolte* », les tests réalisés sur différents équipements de battage ont confirmé les bons résultats obtenus avec la batteuse ASSI (débit de 250 à 300 kg/h) alors que ceux des autres batteuses, dont la batteuse type Ricefan (Votex), ont été médiocres. Les tests de nettoyage ont validé les bonnes performances des nettoyeurs comme le canal de vannage, le crible rotatif et le tarare qui ont permis d'obtenir des débits proches de 400 kg/h. Enfin, les essais d'une motofaucheuse à fonio n'ont pas donné satisfaction et des recherches sont encore nécessaires pour aboutir à une mécanisation de la récolte du fonio.

Concernant le WP3 « *Amélioration des techniques de transformation et de stabilisation* », et l'activité 3 de mécanisation du lavage et du dessablage, il a été montré que l'utilisation d'un simple laveur type «bétonnière» électrique permettait de mécaniser le lavage. Pour le dessablage, le prototype de dessableur « *hydrolift* » conçu par le Cirad et installé dans différentes petites entreprises au Mali, au Burkina Faso et au Sénégal, a de bonnes performances techniques: débit de 80 à 100 kg/h avec un taux de sable résiduel dans le fonio qui peut être inférieur à 200 mg/kg. Il a donné satisfaction aux utilisateurs. Concernant l'activité 4 « séchage », les séchoirs à *flux traversant* (C*Sec-T*) et *serre solaire* (C*Sec-S*) ont été testés en station au Sénégal. Le séchoir C*Sec-T* a une capacité de chargement d'environ 100 kg et un débit de séchage de 30 à 35 kg/h (séchage de fonio humide de 35% à 10%). Un séchoir C*Sec-S* de 90 m<sup>2</sup> équipé de 10 claies assure le séchage d'environ 300 kg de fonio en 24 h (séchage de fonio humide de 35% à 10%). Certains de ces séchoirs, déjà validés au Mali lors d'un précédent projet fonio, ont été transférés et validés en milieu réel au Sénégal (séchoirs à *flux traversant* et *serre solaire*), au Burkina Faso (séchoirs à *flux traversant*) et en Guinée (petit séchoir *serre solaire*).

Pour le WP4 « *Processus d'innovation dans les petites industries de transformation* », les travaux réalisés ont permis d'approfondir la connaissance des acteurs clés et des parties prenantes du système d'innovation de la filière fonio au Burkina Faso et au Mali. L'étude de l'innovation « *décortiqueur GMBF* » a révélé des impacts significatifs de l'innovation technologique sur l'ensemble de la filière et renseigne sur la conduite des projets d'innovations et les conditions qui favorisent l'appropriation des résultats de la recherche par les entreprises agroalimentaires. Une plateforme multi-acteurs a été mise en place à Bobo Dioulasso (Burkina Faso) afin d'accompagner la diffusion du dessableur *hydrolift* et du séchoir C*Sec-T*. Ce dispositif a été constitué par 2 fabricants de séchoirs, des transformatrices de fonio (réseau RTCF), la petite entreprise UTF, l'ONG APROSSA-Afrique Verte et des chercheurs du projet Aval Fonio.

Pour le WP5, la coordination a organisé la réunion de démarrage à Dakar (Sénégal), quatre ateliers de chercheurs et trois réunions annuelles du comité de pilotage dans différents pays et la réunion finale à Montpellier (France). Le site Web du projet (<http://aval-fonio.cirad.fr/>) a été mis en ligne dès juin 2013 et régulièrement actualisé. La coordination a publié l'ouvrage «Fonio, an african cereal» (publication Cirad – IRAG).

## English summary

The “Aval Fonio” project (AURG/161/2012) ratified at the African Union meeting in Addis Ababa of 17 December 2012, for a period of 36 months has been extended from 6 months until June 16, 2016 (addendum n° 1 of the African Union of October 5, 2015, with the duration of the project to 42 months). Originally planned in Guinea, the actual start of the project was held in Senegal in April 2013. The closing of the project was held in France in June 2016.

The activities for WP1 "*Analysis of production and post-harvest systems*" were carried out in Guinea in 7 prefectures of the Fouta Djallon where culture of fonio is very common in “outfields” but also in “tapades”. The study sites are located in majority in plains and on the hillsides or in the mountains. In all the villages where live tens of thousands of people (including a majority of women), fonio is the main crop in terms of area with more than 75% of cultivated areas. It is followed by rice and corn but also potatoes, cassava and groundnuts. In the diet of the population, fonio is the second after rice, but far in front of maize. During the project, producers reported an increase in the production of fonio and stressed the critical needs in mechanization of post-harvest operations.

For the WP2 "*Mechanization of post-harvest techniques*", tests were conducted on various threshers and have confirmed the good results obtained with the thresher ASSI (250 to 300 kg/h) while those of the other machines such as the thresher type Ricefan (Votex) were mediocre. Cleaning tests have validated the performance of the cleaners as the winnower, the rotary screen and the winnowing channel to get throughput close to 400 kg/h. Finally, tests of a fonio motor mower did not give satisfaction, and some research are still needed to achieve mechanization of the fonio harvest.

For the WP3 "*Improvement of processing and stabilization technologies*", and the activity 3 of mechanization of the washing and the desanding, it has been shown that a simple electric washer type "concrete mixer" can be used to mechanize the washing. For degreting fonio, the prototype of degritter '*hydrolift*' designed by Cirad and installed in various small companies in Mali, Burkina Faso and Senegal, has good technical performance: throughput of 80 to 100 kg/h with a rate of residual sand in fonio which may be less than 200 mg/kg. It gave satisfaction to the users. About activity 4 “drying”, the *cross-flow dryer* (CSec-T) and *solar greenhouse dryer* (CSec-S) have been tested in station in Senegal. The CSec-T dryer has a load of about 100 kg capacity and a drying rate from 30 to 35 kg/h (drying of wet fonio from 35% to 10%). A CSec-S dryer of 90 m<sup>2</sup> equipped with 10 trays ensures the drying of about 300 kg of fonio in 24 h (drying of wet fonio from 35% to 10%). Some of these dryers, already validated in Mali in a previous fonio project, have been transferred and validated in a real environment in Senegal (cross-flow and solar greenhouse dryers), Burkina Faso (cross-flow dryers) and Guinea (small solar greenhouse dryer).

For WP4 "*Innovation process in small processing industries*", the work helped to deepen the knowledge of key actors and stakeholders in the innovation system of the fonio value chain in Burkina Faso and Mali. The study of innovation "*dehuller GMBF*" revealed significant impact of technological innovation on the whole of the sector and provides information on the conduct of the innovation projects and the conditions favoring the appropriation of the results of research by agrofood companies. A multi-stakeholder platform has been implemented in Bobo Dioulasso (Burkina Faso) to support dissemination of the dessander “hydrolift” and the cross-flow dryer CSec-T. This system was formed by 2 manufacturers of dryers, fonio processors (network RTCF), small business UTF, the NGO APROSSA-Afrique Verte and researchers from the Aval Fonio project.

For WP5, the coordination organised the kick-off meeting in Dakar (Senegal), four workshops for researchers, three annual meetings of the steering committee in different countries and the final meeting in Montpellier (France). The Aval Fonio project website (<http://aval-fonio.cirad.fr/>) has been put online in June 2013 and regularly updated. The coordination has published the book "Fonio, an African cereal" (Cirad - IRAG publication).

## 2.2. Activités et résultats

### 2.2.1. WP1 : Analyse des systèmes de production et des systèmes post-récolte

#### Activité 1.1. Typologie des exploitations productrices et des systèmes post-récolte associés

Cette activité a été coordonnée par Dr Béavogui Famoï (IRAG) et réalisée par les agents IRAG sous la supervision de M. Camara Sawa et de la stagiaire Aïssatou Diallo.

#### ✓ Réalisation d'enquêtes

Les enquêtes ont été réalisées dans 7 préfectures du Fouta Djallon où la culture du fonio est très pratiquée dans les champs extérieurs mais aussi dans les tapades<sup>2</sup>. Les enquêtes se sont déroulées dans les exploitations agricoles de 11 villages situés pour la plupart sur coteaux mais aussi en plaine ou en montagnes.

Tableau 1. Liste des préfectures et villages enquêtés

Préfecture	Village	Ecologie
Mamou	Bouliwel	Montagne
Dalaba	Mitty	Coteaux
Pita	Hafia, Timbi-Touni	Plaine
Labé	Daaralabé, Sèghen	Coteaux
Lélouma	Lélouma commune urbaine et Diountou	Coteaux
Koubia	Pilimini	Coteaux
Mali	Donghel Sigon et Fougou	Plaine et montagne

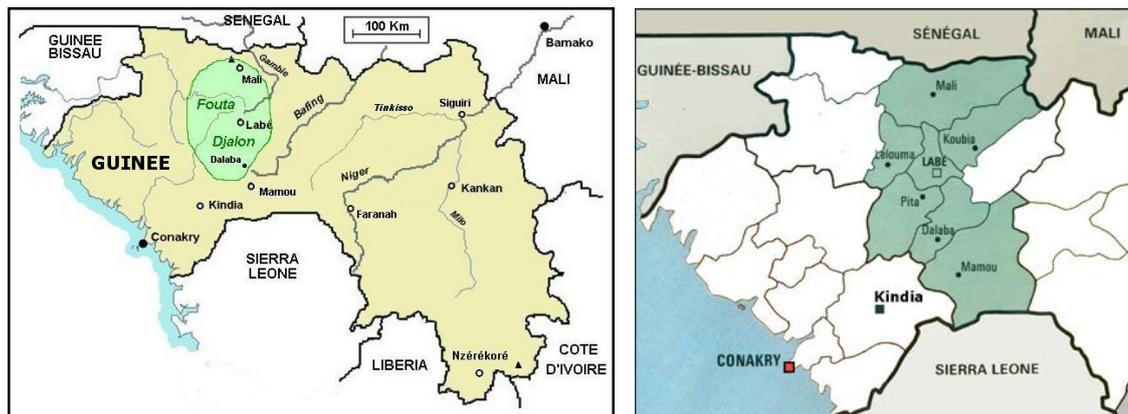


Figure 3. Carte de la Guinée et des préfectures enquêtées au Fouta Djallon

#### ✓ Résultats d'enquêtes

- Les « tapades » ou jardins familiaux appelé *Sunturè* en pular de Guinée, sont les espaces cultivés à l'intérieur des concessions. C'est le domaine privilégié des femmes qui y pratiquent surtout la culture des légumes et des arbres fruitiers. Dans la plupart des villages, la culture du fonio dans ce système reste en général très limitée et reléguée en périphérie des concessions ou dans les tapades en préparation. Mais dans les préfectures de Lélouma et de Mali, le fonio est très cultivé dans cette partie des exploitations puisqu'il est présent dans 50% des cas. Le fonio y est semé dès les premières pluies avec des variétés extra-précoces (80 à 90 jours) comme *Yaoukoh* pour assurer, en période de « soudure », une récolte destinée à l'autoconsommation. Cette récolte précoce connaît des problèmes de séchage car elle est réalisée en saison pluvieuse (août – septembre). Dans le « système tapade », dès que la fertilité des sols est restaurée au niveau des parcelles, la culture du fonio est souvent abandonnée au profit du maïs ou d'autres cultures vivrières (taro, patate douce, légumes.)

<sup>2</sup> Tapade : Concession enclose au cœur de l'exploitation agricole au Fouta Djallon en Guinée. Le mot *tapade* est un terme franco-guinéen qui viendrait du portugais *tapar* : fermer.



Figure 4. Fonio précoce en tapade dans la préfecture de Mali (© S. Camara, IRAG)

- Les « champs extérieurs », qui sont le plus souvent l’apanage des hommes, sont très cultivés en fonio puisqu’il représente près de 60 % des superficies cultivées. Les autres cultures fréquemment pratiquées sont le riz pluvial, l’arachide, le maïs, le manioc ou encore la pomme de terre. Dans les préfectures de Lelouma et de Mali, les « champs extérieurs » sont très cultivés par les femmes (45% des exploitants) qui ont pris en charge les exploitations en raison de l’importante immigration des hommes vers les zones minières de Guinée (Fria, Kamsar, Siguiri etc.), le Sénégal, l’Europe ou même les Etas Unis.

On distingue trois types d’exploitations en fonction des écologies: fonio de plaine, fonio de coteaux et fonio de montagne.

#### *Fonio de plaine*

Les plaines sont des étendues homogènes de végétation herbeuse sur des sols acides ( $\text{pH} < 5$ ), pauvres en matières organiques. Ces types de sols sont souvent présents dans les préfectures de Pita, de Dalaba et dans certaines zones de la préfecture de Labé.

Les enquêtes ont montré que le fonio de plaine est cultivé dans 60% des exploitations enquêtées. Sur ces exploitations dont la superficie moyenne est de 2 ha, les producteurs sèment des variétés extra-précoces (80 à 90 jours) et semi –tardives (110-130 jours) comme *Siragbé*, *Rané* et *Konso*. Les semis, réalisés en juin juillet à des quantités moyennes de 50 kg/ha, sont suivis de désherbages, généralement au nombre de 2 en août et septembre. Les récoltes s’échelonnent ensuite d’octobre à novembre avec des rendements supérieurs à 600 kg/ha. Cette écologie, sur sol pauvre, est caractérisée par la monoculture du fonio durant 5 à 10 ans suivie d’une jachère d’une durée équivalente.

Un cas exemplaire de culture de fonio de plaine est celui du village de Donghel Sigon (préfecture de Mali), qui met en valeur deux grands domaines de 170 ha et 250 ha clôturés. Ces étendues qui étaient cultivées en pommes de terre sont aujourd’hui consacrées à la culture du fonio. La pomme de terre a récemment été abandonnée en raison des difficultés d’irrigation, d’accès aux intrants et de marché.



Figure 5. Fonio de plaine dans le village de Donghel Sigon (© S. Camara, IRAG)

Les travaux de labours, de semis, de désherbage, de récolte et de battage sont principalement manuels et demandent une forte main d'œuvre extérieure (entraide ou emploi des tâcherons).

C'est principalement pour ce fonio de plaine que la mécanisation de la récolte reste concevable.

#### *Fonio de coteaux*

Ce système est caractérisé par des sols gravillonnaires bien drainés où le fonio est cultivé au même titre que l'arachide, le manioc et le riz. Il représente 35 % des exploitations enquêtées. Sur les exploitations dont la superficie est de 1 à 2 ha, les producteurs sèment le fonio après un ou deux ans de culture de riz.

Après un travail du sol effectué en juin, les semis sont réalisés en juillet à des quantités moyennes de 40 kg/ha et ils sont suivis d'un seul désherbage manuel souvent réalisé par les femmes. En raison de la faible capacité de rétention en eau du sol, les producteurs utilisent des variétés extra-précoces (80 à 90 jours) comme *Wouleman* ou *Yaoukoh* qui permettent ainsi d'assurer une récolte en période de « soudure ».

Les récoltes s'échelonnent d'août à octobre avec des rendements voisins de 700 kg/ha. La mécanisation du labour et de la récolte est rendue difficile en raison de la présence de pierres et de souches d'arbres dans les champs.



Figure 6. Fonio de coteaux (© S. Camara, IRAG)

#### *Fonio de montagne*

Ce système est caractérisé par des terrains à forte pente qui ont été défrichés (défriche brûlis de février à avril) pour la culture du riz pluvial, de l'arachide du sorgho et du fonio. Le riz est toujours présent en tête de rotation souvent par le fonio dès la deuxième année.

Sur les exploitations dont la superficie moyenne est voisine de 1 ha, les producteurs sèment des variétés extra-précoces (80 à 90 jours) et semi-tardives (110-130 jours). Les semis sont réalisés en juin juillet à des quantités moyennes de 30 kg/ha. Les récoltes s'échelonnent ensuite d'août à octobre avec des rendements moyens de 900 kg/ha voire 1000 kg/ha.

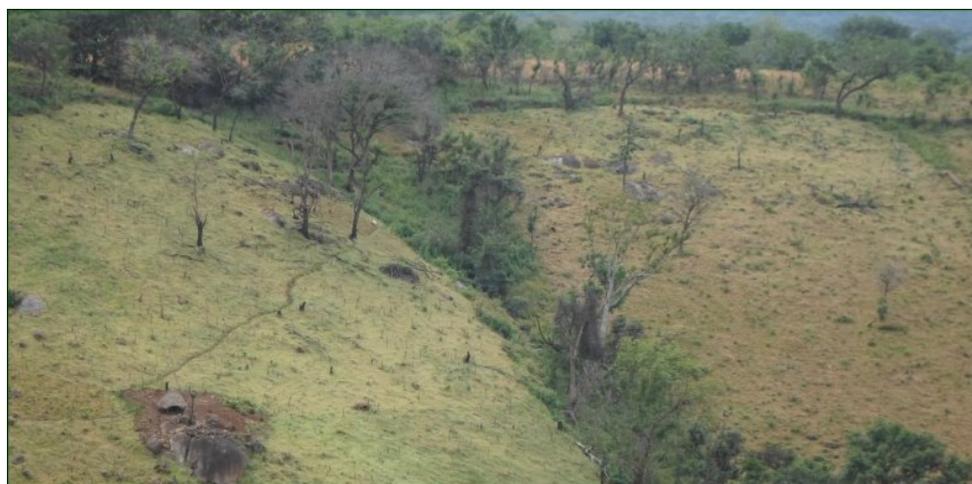


Figure 7. Fonio de montagne dans le village de Bouliwel (© S. Camara, IRAG)

Comme pour le fonio de coteau, la mécanisation du labour et de la récolte est rendue difficile en raison des fortes pentes et de la présence de pierres et de souches d'arbres dans les champs. En raison des fortes contraintes rencontrées pour les travaux des champs, cette écologie est dominée par les hommes.

### ✓ Principales observations

#### Rotation des cultures

Quelle que soit l'écologie dans le système de champs extérieurs, les producteurs pratiquent la rotation des cultures. Le tableau 2 ci-dessous présente les principaux systèmes de rotation des cultures des exploitations enquêtées.

Tableau 2. Systèmes de rotation des cultures selon l'écologie

Ecologie	Systèmes de rotations
Plaine	Fonio sur fonio durant plus de 10 ans puis jachère Pomme de terre – riz – fonio Pomme de terre – maïs – arachide – fonio
Coteaux	Riz – riz – arachide – fonio puis jachère Riz – arachide – fonio – fonio puis jachère Fonio – manioc – arachide – fonio puis jachère
Montagne	Riz – riz – fonio puis jachère Riz –fonio – fonio puis jachère Riz – arachide – fonio puis jachère

#### Calendrier cultural

Dans ces zones écologiques, la culture du fonio est une activité traditionnelle essentiellement manuelle.

Tableau 3. Calendrier des opérations culturales selon l'écologie

Ecologie	Opérations culturales				
	Défrichement, brûlis, nettoyage	Labour	Semis	Désherbage	Récolte
Plaine	Mai	Juin- juillet	Juillet - août	Août à septembre	Octobre à décembre
Coteaux	Avril - mai	Mai - juin	Juin	Août	Août à octobre
Montagne	Février à avril	Mai - juin	Juin	Août	Août à octobre

#### Variétés

Les variétés les plus fréquemment utilisées sont les variétés extra-précoces (70 à 90 jours) et semi – tardives (110-130 jours)<sup>3</sup>. Les principales variétés rencontrées sont *Wouléman*, *Yaoukoh*, *Siragbè*, *Ranè* et *Konso*. Les critères de choix des variétés par les producteurs sont la précocité, la disponibilité de la semence, la facilité au décorticage et le rendement élevé. Dans les exploitations, une majorité de producteurs déclare avoir abandonné au moins une à deux variétés comme *Bambougou*, *Boléfondé*... à cause de leur cycle trop long et des difficultés de battage et de décorticage qu'elles génèrent.

#### Aspect genre

Dans les Préfectures de Lélouma et de Mali, les femmes sont très présentes dans la culture du fonio en champs extérieurs contrairement aux autres préfectures où le système de production « champs extérieurs » reste dominé par les hommes. Ces femmes sont généralement les épouses d'hommes absents en raison de la forte immigration de cette couche sociale.

#### Destination du fonio (autoconsommation, commercialisation)

Dans la plupart des zones enquêtées, la base de l'alimentation des ménages reste le riz (local et/ou importé) mais la part du fonio est néanmoins importante puisqu'elle varie de 30 à 40 %. Néanmoins, en zone de montagne et dans les préfectures de Lélouma et Mali la consommation de fonio est souvent supérieure au riz.

Le fonio est principalement destiné à l'autoconsommation familiale et à la semence mais une partie de la récolte peut parfois être commercialisée pour subvenir aux besoins monétaires des familles pour des achats d'alimentation, d'habillement ou de scolarité des enfants. C'est le cas notamment des

<sup>3</sup> Selon la nomenclature définie dans l'ouvrage « Le fonio, une céréale africaine » (Cruz & Béavogui, 2011)

exploitations qui disposent de champs de plus d'1 ha qui vendent 40 à 50 % de leur production dès la récolte. Dans les régions de Lélouma et de Mali, le fonio est souvent vendu à des grossistes en provenance du Sénégal.

### **Activité 1.2. Principales contraintes auxquelles sont soumis les producteurs et perspectives**

La principale difficulté signalée par les producteurs de fonio concerne l'absence totale de stratégie concertée entre les services publics et les acteurs de base. Ils déplorent le manque de structuration de la filière pour laquelle ils ont souvent le sentiment d'être abandonnés sans pouvoir bénéficier d'appuis techniques ou financiers. Les autres principales contraintes rencontrées par les producteurs et identifiées lors des enquêtes concernent d'une part celles qui sont liées à la production et d'autre part celles qui portent sur la récolte et l'après-récolte.

#### **✓ Contraintes liées à la production**

Les principales contraintes signalées par les producteurs en matière de culture de fonio concernent d'abord la qualité des sols. En plaine, les sols sont considérés comme très pauvres en raison d'une monoculture du fonio pendant 5 à 10 ans de suite. En zones de coteaux et de montagnes la culture est rendue difficile en raison de la déclivité des terrains et de la présence de pierres.

Les mauvaises herbes, l'attaque des oiseaux ou d'animaux sauvages (singes) mais surtout la présence des termites sont des contraintes fréquemment citées par les producteurs de fonio.

La dégénérescence des variétés est aussi un facteur qui contribue à limiter la culture du fonio. Selon certains producteurs, les semences utilisées ne produisent plus que des rendements faibles et près de 80% d'entre eux disent avoir abandonné les variétés tardives à plus de 130 jours de végétation.

Face à l'insuffisance de la main d'œuvre familiale (forte immigration des jeunes) et à la forte pénibilité des travaux d'entretien (labour, désherbage...), les producteurs se plaignent beaucoup de la vétusté des outils agricoles et du faible niveau de la mécanisation agricole.

Enfin, les longues distances à parcourir entre les villages et les champs extérieurs sur des pistes rurales mal entretenues constituent un frein au développement de la culture du fonio.

#### **✓ Contraintes liées à la récolte**

Dans toutes les exploitations agricoles, la récolte du fonio est encore exclusivement manuelle. Cette opération est souvent réalisée au moyen d'outils rudimentaires comme la faucille ou le couteau.



1- Faucille



2 – Couteau

Figure 8. Outils de récolte du fonio (© S. Camara, IRAG)

Selon les producteurs, la récolte manuelle, parfois réalisée par les femmes, reste une opération très fastidieuse notamment en raison de la verse du fonio à maturité (figure 9). Par ailleurs le transport et la mise en meule des gerbes avant battage (figure 10) seraient à l'origine de pertes importantes mais non évaluées. Ces différentes contraintes conduisent certains producteurs à réduire les superficies cultivées ou même à abandonner la culture du fonio.



Figure 9. Récolte à la faucille (© S. Camara, IRAG)



Figure 10. Meule de gerbes (© S. Camara, IRAG)

#### ✓ *Contraintes liées à l'après-récolte*

Dans les villages enquêtés, le battage qui consiste à séparer les grains des panicules est généralement effectué par piétinement ou foulage au pied (figure 11). En prenant appui sur une barre horizontale ou sur des bâtons, les femmes ou les enfants frottent alors les gerbes, une à une, entre leurs pieds pour séparer les grains de la tige.



Figure 11. Battage du fonio par foulage au pied (© S. Camara, IRAG)

Mais les producteurs et notamment les productrices considèrent toujours que l'opération la plus fastidieuse et la plus génératrice de pertes est le décortiquage-blanchiment qui reste encore aujourd'hui le principal goulet d'étranglement de la filière. En effet, réalisé au pilon et au mortier par les femmes, le décortiquage traditionnel est très peu productif et se limite à quelques kilogrammes de fonio paddy transformés par heure.

Nota : Dans le cadre du projet Aval Fonio, les producteurs du village de Donghel Sigon ont participé aux essais de battage mécanique. Pour promouvoir le décortiquage mécanique du fonio dans la zone, un décortiqueur GMBF a été mis à leur disposition.

De manière générale, les producteurs déplorent le faible niveau de diffusion des équipements de battage, de nettoyage et de décortiquage mis au point par la Recherche au cours de la dernière décennie. L'absence de mécanisation des opérations post-récolte dans la plupart des zones enquêtées oblige de nombreux producteurs à faire appel à une main-d'œuvre extérieure à la famille. Mais cette main d'œuvre est de plus en plus rare en raison de la forte migration des nombreux jeunes vers des bassins d'emplois extérieurs à la région.

Dans le cadre des précédents projets Fonio, la Guinée a bien participé à l'adaptation de la batteuse ASSI et à la mise au point de matériels de nettoyage (crible rotatif et canal de vannage) et de décortiquage (décortiqueur à fonio GMBF). Mais la fabrication et la diffusion de tous ces équipements sont quasi inexistantes en Guinée alors qu'ils commencent à être très largement diffusés au Mali, au Burkina Faso, au Sénégal et dans toute l'Afrique de l'Ouest.

### ✓ *Contraintes liées à la commercialisation*

Au Fouta Djallon, l'enclavement des grandes zones de production et le mauvais état des voies de communication (pistes rurales) sont des freins importants à la commercialisation du fonio. Ils génèrent des coûts de transport et de manutention importants pour acheminer le fonio vers les villages où sont organisés les marchés de collecte pour approvisionner le grand marché de Mitty (préfecture de Dalaba). Le manque d'équipements de battage et de transformation (décortiqueurs) ne permet pas aux producteurs de commercialiser autant de fonio décortiqué qu'ils le souhaiteraient.

### ✓ *Perspectives*

Malgré les différentes contraintes qui pèsent sur les producteurs, nombreux sont ceux qui signalent une augmentation de la production de fonio. Dans les régions enquêtées, ce résultat positif pourrait être dû aux rotations culturales pommes de terre et fonio, au respect du calendrier cultural et à la pratique de jachères de longue durée (5 à 10 ans).

L'amélioration de la production du fonio passe par la mise en place de techniques culturales rationnelles avec notamment un choix de variétés adaptées aux zones écologiques et aux préférences des consommateurs, une bonne préparation des sols avec une utilisation possible d'intrants et enfin un respect du calendrier cultural avec de bonnes rotations de culture.

L'amélioration du transport en milieu rural, devrait aussi permettre aux producteurs d'accroître les quantités commercialisées sur les marchés de collecte.

Mais le plus important est sans doute le développement de la mécanisation de la récolte (lorsqu'elle est possible comme par exemple en zone de plaines) et des opérations post-récolte telles que le battage, le nettoyage et le décortilage-blanchiment. Une meilleure reconnaissance de la filière par des appuis institutionnels et financiers devrait permettre d'encourager les différents opérateurs à mieux valoriser cette céréale emblématique de la Guinée.

## 2.2.2. WP2 : Mécanisation des techniques post-récolte du fonio

Les différentes actions réalisées dans le cadre de ce workpackage ont été placées sous la responsabilité de Thierno Alimou Diallo (IRAG) et Patrice Thauhay (Cirad), co-responsables du WP2 et avec la collaboration de Ousmane Tanou Bah (IRAG).

### **Activité 2.1 Mécaniser la récolte du fonio**

Une motofaucheuse à riz, fabriquée en Guinée, a été légèrement modifiée au niveau de la barre de coupe pour être adaptée au fonio. Les essais réalisés en milieu réel en Guinée ont montré que la motofaucheuse coupe les tiges mais ne rejette pas les gerbes sur le côté de la machine (figure 12). Les pailles s'enroulent autour des hélices et entraînent des bourrages (figure 13). Des études sont donc encore nécessaires pour envisager, à terme, la mécanisation de la récolte du fonio.



Figure12. Test de fauchage mécanisé en milieu paysan (© IRAG)



Figure13. Enroulement des pailles (© IRAG).

## Activité 2.2. Adapter des batteuses et des nettoyeurs

### ✓ Batteuses

#### Essais de différentes batteuses

Des essais de différentes batteuses (batteuse *Comfar*, batteuse chinoise « à paille tenue », batteuse type *Ricefan*) ont été réalisés en Guinée. Les deux premières batteuses (batteuse *Comfar* et batteuse chinoise) ont rapidement été abandonnées en raison de leur faible capacité. La batteuse type *Ricefan*, fabriquée par les ateliers IMAF à Bamako, a d'abord été testée, en 2014, par l'équipe de l'IER/LTA du Mali avant d'être expédiée en Guinée pour être testée par l'IRAG. Les essais de battage ont montré que la batteuse n'était pas bien adaptée au battage du fonio car la majeure partie des grains est entraînée avec les pailles après passage dans le tambour batteur-ventilateur. Les piètres performances de la batteuse *Ricefan* (débit faible, imbattus, grains mélangés aux pailles...) ont convaincu les chercheurs de la nécessité de réhabiliter la batteuse ASSI.

#### La batteuse Assi

La batteuse ASSI (Adrao, Saed, Sismar, Isra) est une batteuse à riz dérivée des batteuses axiales de type IRRI. Elle est notamment fabriquée au Sénégal par la société SISMAR (Société Industrielle Sahélienne de Mécanique de Matériel Agricole et Représentation) mais également par divers artisans locaux.

Lors d'un précédent projet fonio (CFC Fonio), une batteuse ASSI avait été acquise et testée par l'IRAG et le Cirad en 2001. Les performances sur fonio avaient été très bonnes avec un débit moyen variant entre 250 kg/h et 300 kg/h et une excellente qualité de battage.

Dans le cadre du projet Aval Fonio, cette batteuse ASSI a été réhabilitée pour la réalisation de nouveaux tests. Après des premiers essais réalisés en atelier, la batteuse a été transportée au village de Donghel Sigon (Fouta Djallon) pour effectuer un test de démonstration de fonctionnement en milieu réel.



Figure 14. Essai/démonstration de battage mécanique du fonio à Donghel Sigon (© S. Camara, IRAG)

Les essais de la batteuse ASSI ont permis d'obtenir un débit moyen de 240 kg/h de fonio grains correspondant à plus de 600 kg/h de gerbes. Les bonnes performances de battage ont pu être confirmées car l'essentiel des grains a été récupéré au niveau de la sortie principale avec moins de 2% d'impuretés. La quantité d'imbattus a été estimée inférieure à 5 %. La qualité du battage a été jugée très satisfaisante par les producteurs.



Figure 15 : La batteuse ASSI (© S. Camara, IRAG)



Figure 16 : Grains battus propres (© S. Camara, IRAG)

### Conclusion partielle

La batteuse ASSI est une batteuse à riz qui peut parfaitement être adaptée au battage du fonio au prix de quelques modifications. Cette machine robuste permet d'obtenir un débit en grains battus voisin de 250 à 300 kg/h avec une très bonne qualité de battage (peu d'imbattus, peu d'impuretés).

Pour évaluer le coût du battage motorisé avec une batteuse ASSI, une simulation avait été faite en prenant l'hypothèse d'un tonnage d'environ 100 T de fonio battu par an en 90 jours de fonctionnement. Cette simulation avait conduit à un coût de battage d'environ 15 FCFA (0,02 €) par kg de fonio battu.

Suite aux très bons résultats obtenus avec de la batteuse ASSI modifiée, les spécialistes en mécanisation considèrent que la machine est validée pour le battage du fonio et semble, par ailleurs, économiquement rentable notamment dans les conditions guinéennes. Les batteuses sont des équipements relativement chers qui ne peuvent souvent être rentabilisés qu'en prestation de service. Ce matériel doit normalement pouvoir être acquis par des associations villageoises ou des entrepreneurs de travaux à façon.

La machine actuelle, relativement lourde, peut convenir aux zones de plaine facilement accessibles. Pour les zones de montagne, il serait nécessaire d'avoir recours à des batteuses de même type mais de taille réduite pour être plus facilement transportables.

### ✓ Nettoyeurs

Un **tarare** type Alvan Blanch (figure 17) a été remis en état de marche par l'IRAG en 2013 pour permettre la réalisation d'essais de nettoyage du fonio paddy. Il s'agit d'un équipement comprenant un ventilateur, une trémie et un caisson de nettoyage à mouvements alternés avec deux grilles disposées horizontalement et une troisième grille inclinée qui permet d'éliminer les particules plus petites que les grains (figure 18). Les grains tombent de la trémie sur les grilles horizontales qui sont ventilées par un flux d'air horizontal produit par le ventilateur. Les pailles sont entraînées alors que les grains passent au travers des deux premières grilles.

En 2014, le matériel a été modifié dans un atelier de Labé pour recevoir un châssis permettant l'entraînement de la machine par un moteur thermique. Les essais réalisés à l'IRAG Bareng en 2015 ont permis d'atteindre un débit voisin de 400 kg/h avec une bonne qualité de nettoyage.



Figure 17. Tarare Alvan Blanch (© J-F Cruz, Cirad)

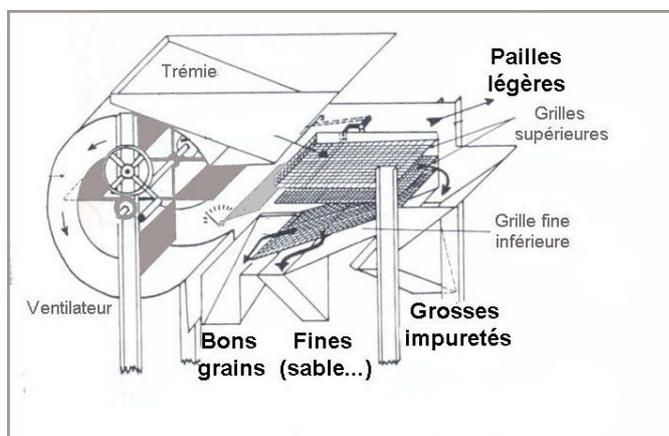


Figure 18. Schéma d'un tarare (© J-F Cruz, Cirad)

Un **canal de vannage** et un **crible rotatif** ont été fournis par le projet à l'IRAG en 2013. Ces matériels ont été conçus par le Cirad dans le cadre du premier projet fonio. Ils ont été fabriqués par le constructeur IMAF de Bamako (Mali) et ont été livrés au Centre IRAG de Bareng en janvier 2014.

Le canal de vannage est un matériel de nettoyage constitué d'une tuyère verticale avec flux d'air ascendant dans laquelle on introduit, à mi-hauteur, le produit sale à nettoyer. Les particules légères sont entraînées par le flux d'air et récupérées au niveau d'un cyclone (figure 19). Les grains et les particules plus lourdes tombent en partie inférieure du canal. Le canal de vannage peut être utilisé en sortie du décortiqueur GMBF ou seul en l'équipant d'une trémie amovible. Il convient alors au nettoyage du fonio mais également au vannage d'autres céréales.

Le crible rotatif est constitué d'un trommel cylindrique légèrement incliné comportant deux grilles successives (figure 20). Le crible est équipé d'une trémie d'alimentation et peut être entraîné manuellement (manivelle) ou motorisé (moteur électrique).



Figure 19: Canal de vannage (© C. Marouzé, Cirad)



Figure 20: Crible rotatif (© M. Rivier, Cirad)

Les essais réalisés à l'IRAG Bareng ont confirmé les bonnes performances des matériels avec des débits moyens voisins de 400 kg/h.

#### *Conclusion partielle*

Le tarare est un matériel de nettoyage classique qui peut parfaitement être utilisé pour le nettoyage du fonio en choisissant des grilles et des débits de ventilation adaptés à cette minuscule céréale. Le tarare est polyvalent et a l'avantage de fonctionner même avec des produits chargés en pailles. Son principe de fonctionnement consistant en un mouvement alternatif des grilles le rend cependant fragile d'utilisation et on lui préfère alors souvent les nettoyeurs rotatifs plus robustes.

Suite aux très bons résultats obtenus (débit voisin de 400 kg/h) avec le canal de vannage et le crible rotatif dans le cadre des précédents projets fonio et confirmés par le projet Aval Fonio, les spécialistes en mécanisation considèrent que ces équipements sont validés pour le nettoyage du fonio paddy et peuvent être utilisés pour le nettoyage du fonio décortiqué et blanchi ; le canal de vannage est d'ailleurs souvent accouplé au décortiqueur-blanchisseur GMBF afin de nettoyer le produit après transformation.

Ces deux matériels sont polyvalents et peuvent être utilisés sur d'autres céréales que le fonio. Aujourd'hui ces deux équipements devraient pouvoir être construits par les artisans locaux afin de mieux assurer leur diffusion dans de nombreux pays d'Afrique de l'Ouest.

### **2.2.3. WP3: Amélioration des technologies de transformation et de stabilisation du fonio**

Les différentes actions réalisées dans le cadre de ce workpackage sont placées sous la responsabilité de Thierry Goli (Cirad), Cheikh Mouhamed Fadel Kébé (ESP-UCAD) et de Mme Bore Fanta Guindo (IER) co-responsables du WP3.

#### **Activité 3. Mise au point des procédés de lavage et de dessablage du fonio**

Cette activité consiste à concevoir, réaliser et tester des maquettes pour le lavage et le dessablage du fonio décortiqué et blanchi.

##### **✓ Mécanisation du lavage**

Le lavage consiste à éliminer les particules étrangères et les sons qui restent collés aux grains de fonio après le décortilage/blanchiment et le vannage/tamissage. Le brassage du fonio à la main dans de grandes bassines d'eau permet une bonne séparation des sons et des particules légères qui sont évacués avec l'eau chargée surnageante, tandis que les grains et les sables sont récupérés par sédimentation.

Des premiers tests de lavage ont été réalisés au Mali sur des prototypes de laveurs identifiés par l'IER. Il s'agissait d'un laveur fabriqué par l'équipementier MOD Engineering déjà installé dans une petite entreprise de transformation du fonio « *Dado production* » à Bamako et de petits laveurs proposés par l'artisan Nana Philomène. Les résultats obtenus avec ces deux laveurs n'ont pas été probants et les équipements n'ont pas été validés.

Puis les essais ont porté sur des laveurs rotatifs électriques. L'idée d'utiliser des laveurs rotatifs a été proposée par le Cirad en concertation avec la Société Ucodal. Cet équipement « type bétonnière » est, en effet, bien adapté à la fonction de brassage nécessitée par le lavage du fonio. Le lavage au moyen de laveurs rotatifs électriques de série a ainsi été testé par le Cirad en atelier pilote à Montpellier (figure 21) et par l'IER à la Société Ucodal à Bamako (figure 22). Ce modèle a été choisi pour sa simplicité, son faible coût et parce qu'il met en œuvre un principe de brassage en excès d'eau proche de celui qui est mis en œuvre lors du lavage manuel traditionnel.



Figure 21. Laveur rotatif au Cirad (© Cruz, Cirad)



Figure 22. Essai du laveur rotatif au Mali (© IER)

Les résultats obtenus en 2014 ont été confirmés en 2015 sur la plateforme agro-alimentaire du Cirad, dans le cadre de la mise au point de la première ligne prototype de lavage-dessablage. Un pré-lavage de deux minutes, suivi d'un lavage de finition d'une à deux minutes permettent d'obtenir un produit d'une propreté compatible avec les contraintes du dessablage mécanisé en aval. Le niveau de pénibilité est très faible en comparaison du lavage manuel, et les temps de travail ainsi que les quantités d'eau nécessaires sont également à l'avantage du lavage mécanisé.

#### ✓ *Mécanisation du dessablage*

Le dessablage consiste à éliminer les sables présents dans les grains de fonio blanchi par de nombreuses opérations successives de séparation réalisées à l'aide de calebasses. Pour cette activité, les actions de recherche ont porté sur :

- la mise au point d'une méthode de mesure de la quantité de sable dans un échantillon de fonio,
- la conception et l'expérimentation en laboratoire d'une maquette de dessableur « hydrolift »,
- la réalisation et l'expérimentation en milieu réel de prototypes de dessableurs « hydrolift ».

#### ➤ *Mise au point d'une méthode de mesure de la quantité de sable dans un échantillon de fonio*

La méthode à identifier doit être sensible dans l'intervalle de 0 à 3% de sable et présenter un seuil de quantification de l'ordre de 0,01% (p/p) dans le fonio. En effet, des mesures effectuées par comptage sous loupe binoculaire ont montré que le fonio décortiqué et blanchi avant dessablage contenait environ 3% de sable, tandis que la teneur en sable du fonio dessablé traditionnellement avoisine 0,01% (mesure sensorielle faite sur du fonio commercial).



Figure 23. Grains de sable dans du fonio blanchi (© J-F. Cruz, Cirad)

Le Cirad a mené une étude sur la quantification du sable dans un échantillon de fonio. Plusieurs méthodes ont été testées:

- Calcination à 600°C (laboratoire Cirad)

La méthode consiste à calciner le fonio, puis à reprendre le mélange cendres et sable dans de l'eau pure. Le sable est ensuite pesé. Les essais réalisés ont montré que cette méthode ne permet pas de doser le sable dans un échantillon qui contient moins de 10% de sable, car les cendres forment une croûte indissociable du sable en-deçà. Cette méthode inadaptée a été abandonnée.

- Diffraction aux rayons X (laboratoire Institut Européen des Membranes à Montpellier)

La méthode consiste à analyser les ondes diffractées par la matière microcristalline lors de son exposition à un faisceau de rayons X. Faisant l'hypothèse que le sable est essentiellement constitué de cristaux de silice, l'analyse de la densité et de l'angle de diffraction des rayons X devrait permettre de remonter à la teneur en sable. Les essais réalisés ont montré que la silice est présente sous forme d'amas de très gros cristaux. Cette configuration ne permet pas la quantification de la silice. La méthode a donc été abandonnée.

- Spectrométrie Proche Infrarouge Nirs (ou Nirs laboratoire Cirad)

Chaque longueur d'ondes du rayonnement Nirs (0,8 à 2,5µm) qui est dirigé vers l'échantillon de fonio est transmise ou réfléchié selon sa composition. Le traitement du spectre obtenu pourrait permettre, au moyen d'une gamme de calibration, de quantifier la présence de sable, dont on connaît les propriétés d'absorption et de réflexion spécifique. Un premier essai a montré la possibilité de séparer deux groupes de teneurs en sable : seul le groupe de 0 à 0,01% peut être distingué de celui des teneurs de 0,05 à 0,3%, ceci sur une gamme de calibration de teneurs de 0 à 0,3%. Toutefois, il s'est avéré que cela n'est pas suffisant pour classer les échantillons de fonio issus des essais de la maquette de dessablage. En effet, ceux-ci présentent des teneurs en sable compris entre 0 et 0,1% (p/p). Un résultat de dessablage d'une telle qualité est surprenant et il implique, pour mettre au point une méthode Nirs fiable, des essais bien plus conséquents, qui ne rentrent pas dans le cadre du présent projet.

- Méthode par dosage de la silice et détection ICP (laboratoire Cirad)

Des méthodes adaptées au dosage de la silice dans les végétaux et dans les sols ont été testées. Leur principe est une calcination suivie d'une digestion acide ou alcaline. La silice est ensuite dosée en ICP (Plasma à couplage inductif) à 1100°C. Elles n'avaient pas donné de résultats probants pour des teneurs inférieures à 1% de sable, du fait de la nécessité d'évaporer l'acide fluorhydrique. En 2015, les analyses ont été reprises grâce à l'acquisition d'un kit ICP pour l'injection directe des solutions d'acide fluorhydrique. La méthode par solubilisation à froid à l'acide fluorhydrique suivie d'un dosage de la silice par ICP optique a donné des résultats les plus cohérents (figure 24). Cependant, pour les faibles teneurs en sable, la silice apportée par le squelette siliceux du fonio ( $\approx 0,14\%$ ) peut masquer la silice apportée par le sable. La méthode sera ainsi peu sensible dans la zone de teneurs en sable de 0,01 à 0,1%. Un décuplement de la teneur en sable ne se traduira que par une augmentation de la teneur en silice de 25%. Toutefois la méthode est envisageable.

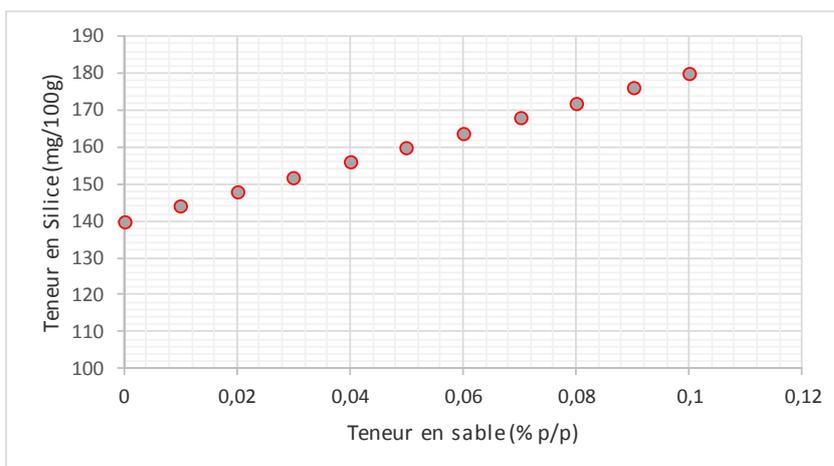


Figure 24. Teneur en Silice dans 100g de fonio, selon la teneur en sable de l'échantillon (© T. Goli, Cirad)

- Méthode par dosage de la silice (laboratoire Cirad)

Des méthodes adaptées au dosage de la silice dans les végétaux et dans les sols ont été testées. Leur principe est une calcination suivie d'une digestion acide ou alcaline, respectivement de la silice ou de la matière organique. La silice est ensuite dosée en ICP (Plasma à couplage inductif) à 1100°C. Elles n'ont pas donné de résultats probants pour des teneurs inférieures à 1% de sable, du fait de la nécessité d'évaporer l'acide fluorhydrique.

- Méthode par analyse sensorielle (laboratoire Cirad)

Cette méthode, testée en 2014, a donné des résultats très concluants. La méthode de détermination de la teneur en sable par dégustation est très sensible et son seuil de détection est très bas (voisin de zéro). Elle n'est pas applicable au-delà de 0,2%. Elle a pu être mise à profit pour les essais de la maquette de dessablage sur la plateforme du Cirad début 2015 (teneurs en sable de 0 à 0,1%).

- Dessablage manuel

Pour l'analyse des quantités de sable résiduel obtenu lors des essais du prototype « *hydrolift* » en milieu réel, il est plus efficace de réaliser un dessablage manuel des échantillons prélevés car les transformatrices locales ont un grand savoir-faire pour séparer le sable du fonio.

➤ *Conception et expérimentation en laboratoire d'une maquette de dessableur « hydrolift »*,

L'analyse fonctionnelle de l'opération de dessablage a confirmé la pertinence du principe et de la maquette « *Hydrolift* » déjà conçue par le Cirad en 2001 dans le cadre du premier projet Fonio. En 2013, une nouvelle maquette d'hydrolift a été fabriquée et testée en laboratoire.

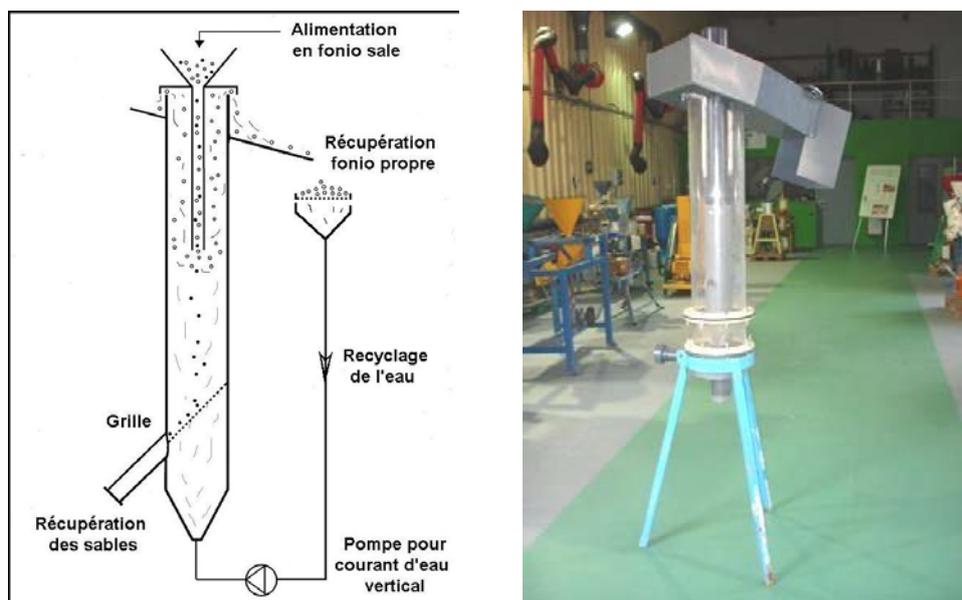


Figure 25. Schéma de principe et maquette de l'hydrolift (© J-F. Cruz, Cirad)

Différents essais de la maquette ont permis d'ajuster plusieurs paramètres pour optimiser l'hydraulique du système afin d'homogénéiser les débits d'eau dans la colonne de séparation fonio/sable et de réguler l'alimentation en fonio humide.

Sur la base d'essais préliminaires, un plan d'expérience a été défini pour évaluer les performances optimales de l'hydrolift. Il a suivi le protocole suivant :

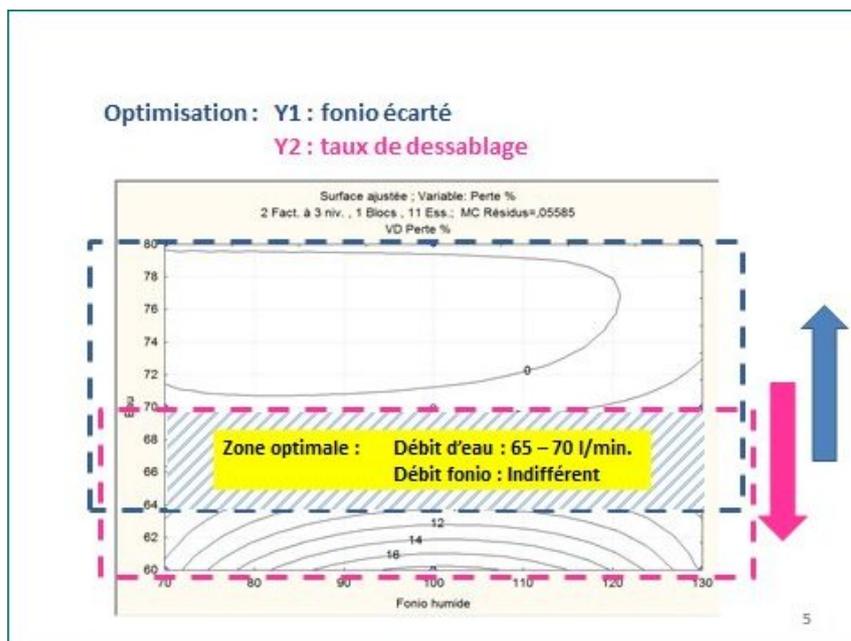
- Détermination du type de plan (plan factoriel complet  $3^2$ , avec répétitions du point central)
- Détermination des variables indépendantes influentes et des bornes du domaine expérimental :
  - Débit de fonio : 70 à 130 kg/h de fonio humide
  - Débit d'eau : 60 à 80 l/min.
- Détermination des variables réponse :
  - Y1 = fonio « écarté »
  - Y2 = La teneur en sable résiduel dans le fonio déssablé

Les essais ont permis de montrer l'effet prépondérant du débit d'eau dans la colonne de dessablage alors que le débit d'alimentation en fonio n'influe pas sur les réponses, dans notre domaine expérimental. Il faut noter que le facteur principal (débit d'eau) a un effet :

- négatif sur la quantité de fonio écarté (lorsque le débit augmente, la quantité de fonio écarté diminue)
- positif sur la quantité de sable résiduel (lorsque le débit augmente, la quantité de sable dans le fonio dessablé augmente)

Il faut ainsi trouver un compromis, car le facteur débit d'eau, principale variable de réglage de l'hydrolift, présente un effet antagoniste sur les objectifs recherchés qui sont :

- minimiser le fonio écarté : flèche bleue vers le haut (figure 26)
- minimiser la teneur en sable : flèche rose vers le bas (figure 26)



Les zones de réglage optimal des facteurs ont été matérialisées en tirets roses pour la teneur en sable résiduel, et en tirets bleus pour la quantité de fonio écarté.

Figure 26. Courbes d'isoréponses : fonio écarté en fonction des débits d'eau et de fonio humide (© T. Goli, Cirad)

On peut ainsi conclure qu'un débit d'eau intermédiaire, de l'ordre de 65 à 70 l/min est à privilégier dans la conception du prototype à diffuser.

Un essai de validation a montré que pour un débit de 130 kg de fonio humide par heure, et un débit d'eau de 65 à 70 l/min, on obtient les réponses suivantes :

- 0,005 à 0,015% de sable (p/p)
- 5 à 10% de sable écarté dans la sortie destinée au rebut.

#### ➤ Réalisation et expérimentation en milieu réel de prototypes de dessableurs « hydrolift ».

##### • Prototype « dessableur hydrolift 01 »

Les bons résultats de dessablage du fonio obtenus en laboratoire avec la maquette expérimentale ont permis d'aboutir à la conception d'un premier prototype (« dessableur hydrolift 01 »). L'équipement a été construit à Montpellier puis envoyé à la société IMAF de Bamako pour réaliser le châssis et les périphériques (trémie, auges de récupération...) complétant ainsi l'ensemble du prototype.

L'hydrolift prototype a été installé à la société Ucodal de Bamako pour y être testé en conditions réelles d'utilisation. Les premiers essais, réalisés ont permis d'obtenir un débit de fonio d'environ 100 kg/h avec un débit d'eau de 60 l/mn. Le taux de sable résiduel dans le fonio après passage dans l'hydrolift a été mesuré comme inférieur à 200 ppm.

Le suivi du fonctionnement du dessableur, intégré dans la chaîne de production de la société Ucodal, a été réalisé avec l'appui de l'IER. Le dessableur a permis de traiter 450 à 500 kg de fonio par jour. En 2016, quelques modifications ont été apportées à l'équipement (débitmètre, filtre à eau...) qui ont permis d'améliorer son fonctionnement pour atteindre 500 à 800 kg par jour.



Figure 27. Le dessableur hydrolift et la colonne de dessablage à Ucodal à Bamako (© P. Thauhay, Cirad)

La société Ucodal est très satisfaite de l'équipement qui lui permet de gagner du temps pour cette opération de dessablage. En effet, le dessablage manuel traditionnel de 800 kg de fonio mobilise 18 femmes pour une durée journalière de 9 heures alors que le dessablage de 800 kg de fonio avec le dessableur hydrolift mobilise seulement 10 femmes durant une durée de 8 heures. La main d'œuvre ainsi libérée peut alors être employée à d'autres tâches moins pénibles. La société envisage d'investir dans une seconde machine pour accroître sa production.

- *Prototype « dessableur hydrolift 02 »*

Le suivi des tests en production du *dessableur hydrolift 01* a permis d'identifier quelques possibilités d'amélioration et a conduit à la conception d'un second prototype (« *dessableur hydrolift 02* »). Ce prototype amélioré a été installé à la société Danaya Céréales de Bamako pour y être testé en conditions réelles d'utilisation. L'analyse des résultats de suivi montre que le débit de la machine a pu atteindre 130 kg/h, voire 150 kg/h, avec un taux résiduel de sable considéré comme satisfaisant par les opératrices. Intégré dans la chaîne de production de la société Danaya Céréales, le *dessableur hydrolift 02* a pu dessablé 500 kg de fonio par jour.

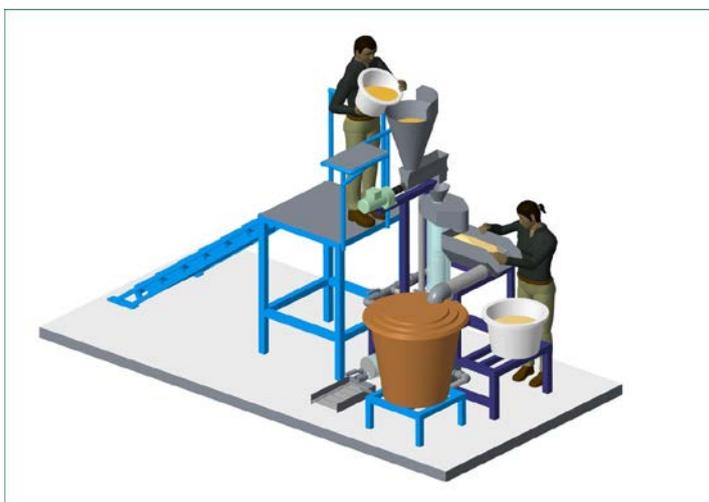


Figure 28. Le dessableur hydrolift 02 à Danaya Céréales à Bamako (© P. Thauhay, Cirad)

- *Présérie de 2 dessableurs « hydrolift »*

Les 2 premiers prototypes de dessableurs hydrolift, placés dans 2 PME de Bamako au Mali, ont permis d'obtenir de très bons résultats de dessablage du fonio dans des conditions réelles d'utilisation. Il a alors été décidé de réaliser une présérie de 2 dessableurs hydrolift pour équiper 2 nouvelles PME transformatrices de fonio respectivement au Burkina Faso et au Sénégal.



Figure 29. Le dessableur hydrolift à Bobo Dioulasso (© P. Thunay, Cirad)

La présérie a été réalisée à Montpellier. Avec l'appui de l'entreprise Soldev (fabrication métallique) de Bobo Dioulasso (Burkina Faso) pour réaliser le châssis et les périphériques, le premier hydrolift a été installé, en 2016, dans la nouvelle entreprise UTF (Unité de Transformation du Fonio) que son promoteur (F.X. Traoré de Bomborokuy) a implanté à Bobo Dioulasso. Intégré dans la chaîne de production, le matériel fonctionne à un débit de 80 à 100 kg/h.

Un second hydrolift a été expédié au Sénégal Oriental. Ce matériel conçu et construit en partie au Cirad à Montpellier et à la société Soldev de Bobo Dioulasso a été envoyé au lycée technique Mamba Guirassy de Kédougou pour réaliser le montage final avec l'appui du Cirad. En mai 2016, le dessableur a été installé par le Cirad dans le GIE "Koba Club" de Kédougou.

En conditions réelles d'utilisation, le matériel permet de dessabler le fonio à un débit d'environ 100 kg/h. Intégré dans la chaîne de production du GIE « Koba Club », le dessableur hydrolift traite 200 kg de fonio par jour mais devrait permettre d'atteindre, à termes, 500 kg par jour.



Figure 30. Installation du dessableur hydrolift à Kédougou au Sénégal Oriental (© V. Bancal, Cirad)

### *Conclusion partielle*

Le dessableur hydrolift répond au cahier des charges que les chercheurs s'était fixé en assurant un débit voisin de 100 kg/h et un taux résiduel de sable dans les grains inférieur à 200 ppm. Les opérateurs privés sont également satisfaits des bonnes performances observées en conditions réelles d'utilisation. Les spécialistes en mécanisation considèrent donc que cet équipement est validé pour le dessablage du fonio transformé. Des entreprises locales comme IMAF au Mali et SOLDEV au Burkina Faso ont été formées pour assurer une partie de la fabrication de l'équipement. Etant donnée sa capacité importante, cet équipement est réservé à des petites entreprises susceptibles de traiter annuellement au moins une cinquantaine de tonnes de fonio.

#### Activité 4. Adaptation et validation de séchoirs pour les PME transformatrices

##### ✓ Construction, adaptation et validation du séchoir à flux traversant CSec-T

Au cours des années 2000, le Cirad a conçu et développé le séchoir à flux traversant CSec-T pour améliorer le séchage de produits alimentaires solides de type granuleux comme les produits roulés (couscous, dégué, arraw...) ou les grains transformés (fonio précuit, sorgho germé...). En 2007, ce matériel a été testé par le Cirad au Mali en collaboration avec l'IER et la PME « Danaya Céréales » (Marouzé *et al.*, 2008). Dans le cadre du projet Aval Fonio, il s'agit de valider scientifiquement les performances de ce séchoir et d'en étudier les possibilités de fabrication locale.

##### - Principe du séchoir à flux traversant CSec-T

Le séchoir à flux traversant est constitué de 3 compartiments contenant chacun 4 claies superposées. Il comprend un générateur d'air chaud (brûleur à gaz) et un ventilateur entraîné par un moteur électrique. Le séchoir est réalisé en bois contreplaqué et l'ensemble générateur d'air chaud est métallique.

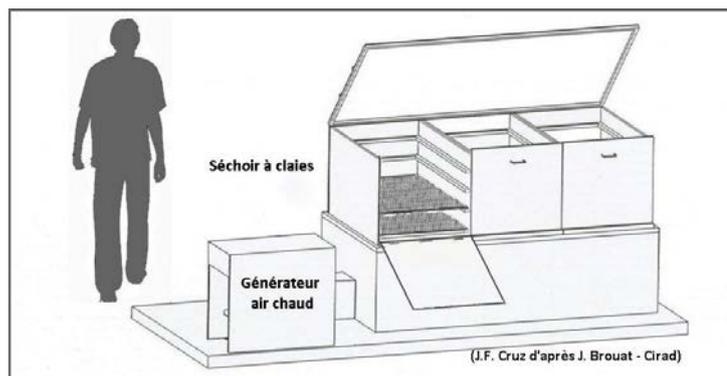


Figure 31. Séchoir CSec-T (© Cruz *et al.*, 2011)

Chaque compartiment est équipé d'une porte qui donne accès aux différentes claies. Les claies sont constituées d'un cadre en bois et d'un grillage métallique galvanisé supporté par des raidisseurs. Chaque claie est recouverte d'un tissu de type voile ou popeline. L'air chaud propulsé par le ventilateur est introduit dans le séchoir par une gaine puis il traverse les différentes claies de bas en haut permettant ainsi le séchage du produit.

Le principe du séchoir à flux traversant CSec-T est de créer un mouvement à contre-courant entre d'une part, le flux d'air chaud qui progresse de bas en haut dans chaque compartiment et d'autre part, le produit qui est progressivement déplacé de haut en bas par étapes depuis la position 4 des claies jusqu'à la position 1. En fonctionnement continu, le produit humide est étalé sur une claie qui est placée en position supérieure 4 dans le séchoir. Une fois le cycle terminé, le produit sec est retiré de la position 1.

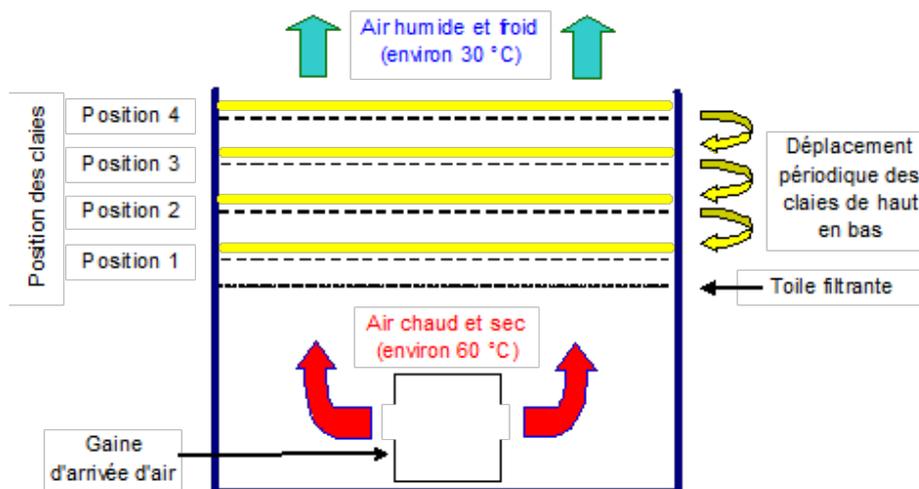


Figure 32. Schéma de principe du séchoir à flux traversant (© C. Marouzé, Cirad)

- Construction, instrumentation et essai du séchoir CSec-T

Un séchoir à flux traversant en bois a été fabriqué à Dakar selon les plans de fabrication fournis par le Cirad et avec l'appui du département Génie Mécanique de l'ESP (figure 33).



Figure 33. Séchoir CSec-T fabriqué à Dakar (© ESP)

Le séchoir CSec-T, équipé de différents capteurs, a été testé pour sécher 90 kg de fonio précuit de 35 % à 10 %. Dans les conditions de l'essai (air chaud de 45 °C), le séchoir CSec-T a permis de sécher le fonio précuit à un débit de 30 à 35 kg/h avec une manutention des claies toutes les 30 à 40 mn. Avec une consommation en gaz butane de 2,9 kg, le rendement énergétique du séchoir CSec-T a été d'environ 45%. Avec un séchoir pleinement rempli on peut espérer un rendement énergétique supérieur à 50 % alors que les séchoirs classiquement utilisés en convection naturelle (du type séchoir Atesta) ont un rendement énergétique souvent inférieur à 20 %. Pour améliorer les performances du séchoir (diminution du temps de séchage), il apparaît nécessaire d'accroître la puissance du brûleur (jusqu'à 8 kW) pour atteindre des températures d'air chaud de l'air à l'attaque du produit de 60 à 65°C.

- *Transfert du séchoir CSec-T en milieu réel au Sénégal Oriental*

Suite aux essais concluants, le séchoir à flux traversant CSec-T a été transféré à Salémata (Sénégal Oriental) pour bénéficier à un regroupement de 10 GIE de femmes transformatrices de fonio.



Figure 34. Formation des opératrices à l'utilisation du séchoir CSec-T à Salémata (© ESP-UCAD)

Deux jours de démonstration (séchage d'environ 150 kg de fonio précuit) ont permis de former les femmes à l'utilisation du séchoir. Les transformatrices, très enthousiastes et motivées, ont continué à utiliser le séchoir et à transmettre les informations recueillies (quantités séchées, consommation en gaz...) à l'ESP-UCAD de Dakar.

- *Transfert du séchoir CSec-T en milieu réel au Burkina Faso*

Au Burkina Faso, deux séchoirs à flux traversant CSec-T ont été construits à Bobo Dioulasso par l'entreprise SOLDEV assisté d'un fabricant de séchoir (A. Souaré) avec l'appui d'un technicien du Cirad et sous l'égide des responsables du WP4 "Processus d'innovation dans les petites agro-industries de transformation du fonio". Deux sessions de formation à l'utilisation des séchoirs CSec-T ont été réalisées à Bobo Dioulasso pour une quinzaine de transformatrices et transformateurs de fonio de l'Ouest du Burkina Faso et de Ouagadougou. Elles ont été organisées, en mars 2016, à l'IRSAT de Bobo Dioulasso

et assurées par les chercheurs et techniciens du Cirad, de l'IRSAT, de l'ESP-UCAD. Une animatrice, en charge de l'accompagnement des transformatrices pour l'ONG Afrique verte Burkina – Aprossa, et les deux fabricants de séchoirs ont également participé à cette formation.



Figure 35. Formation à l'utilisation des séchoirs CSec-T à Bobo Dioulasso au Burkina Faso (© T. Ferré, Cirad)

Un manuel d'utilisation du séchoir CSec-T a été élaboré pour aider à la formation des opérateurs :

*Cruz J-F., Rivier M., Ferré T., Delpech A., Diallo A., Kebe C.M.F. 2016. Manuel d'utilisation du séchoir CSec-T. Projet Aval Fonio, livrable n°15. Cirad. Montpellier. 7 p.*

Durant la session de formation, un essai de fonctionnement a été réalisé pour sécher 55 kg de fonio précuit de 35 % à 10 % (figure 36).

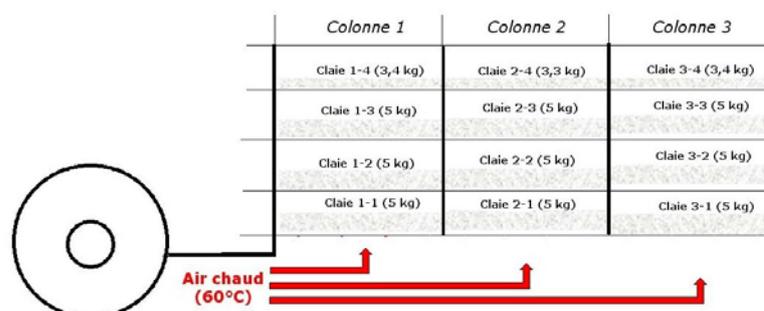


Figure 36. Schéma de chargement du séchoir CSecT (© J-F Cruz, Cirad)

Dans les conditions de l'essai (air chaud à 60°C), le séchoir CSec-T a permis de sécher le fonio précuit en 2h20 avec une consommation en gaz butane de 1,5 kg et un rendement énergétique de 59 %. Ce rendement, est meilleur que celui de 45% observé lors des essais réalisés au Sénégal car la température d'attaque de l'air chaud a été maintenue à 60 °C alors qu'elle n'était que de 45°C dans l'essai de Dakar. Ce rendement de 59 %, déjà excellent, pourrait encore être amélioré en augmentant la quantité de fonio à sécher et donc en rajoutant des claies humides lorsque les claies du bas sont sèches et vidées.

Après les essais de démonstration, les deux séchoirs CSec-T ont été installés dans deux PME transformatrices de fonio pour y être suivis en conditions réelles d'utilisation. Ces deux PME, « Tout Super » à Toussiana et EOBA à Ouagadougou, ont été sélectionnées car elles ont toujours étroitement collaboré avec les chercheurs travaillant pour l'amélioration de la filière fonio en Afrique de l'Ouest.

#### Conclusion partielle

Le séchoir CSecT répond au cahier des charges que les chercheurs s'était fixé en assurant une capacité de chargement d'environ 100 kg et un débit de séchage de 30 à 35 kg/h pour sécher du fonio humide transformé (blanc ou précuit) de 35% à 10%. En utilisant une température d'attaque de l'air chaud voisine de 60 °C (puissance du brûleur de 8 kW), il permet d'atteindre un rendement énergétique voisin de 60% nettement supérieur à celui de 20 % obtenu avec les séchoirs artisanaux en convection naturelle (type Atesta). Les opérateurs privés qui ont pu utiliser les séchoirs CSec-T sont satisfaits des bonnes performances observées en conditions réelles d'utilisation. Les spécialistes en mécanisation considèrent donc que cet équipement est validé pour le séchage du fonio transformé (blanchi et/ou précuit). Une entreprise locale comme SOLDEV au Burkina Faso a été formée pour assurer la fabrication de l'équipement.

✓ **Conception, adaptation et validation du séchoir « serre solaire » CSec-S**

- **Principe du séchoir « serre solaire » CSec-S**

Au cours des années 2000, un séchoir « serre solaire » CSec-S a été conçu par le Cirad et testé au Mali (figure 37). Dans le cadre du projet Aval Fonio, il s'est agi de valider scientifiquement les performances d'un tel séchoir et d'en étudier les possibilités de développement local.



Figure 37. Séchoir « serre solaire » CSec-S installé par le Cirad au Mali en 2006 (© J-F Cruz, Cirad)

Le séchoir serre constitue une alternative au séchage solaire direct. Le séchage du produit est obtenu par rayonnement direct du soleil sur le produit et par effet de serre (température plus élevée à l'intérieur de la serre qu'à l'extérieur). L'objectif est de réaliser un séchage à une température relativement basse en utilisant le rayonnement solaire comme source de chaleur.

Le séchoir serre a été conçu pour :

- d'une part, protéger les produits à sécher (fonio ou autres produits) des intempéries, des oiseaux et des poussières de l'air extérieur,
- d'autre part, réduire la manipulation du produit. En effet, par comparaison au séchage naturel au soleil, il n'est pas nécessaire de rentrer les produits à l'arrivée des pluies ou le soir si les produits ont été mis à sécher dans le courant de la journée.

- **Construction et instrumentation d'un séchoir CSec-S expérimental au Sénégal**

Sur la base du cahier des charges établi en 2013 avec le Cirad, deux exemplaires du séchoir « serre solaire » CSec-S ont été commandés à la société FilClair (Marseille, France) en 2014. Ces équipements ont été livrés au Sénégal et un des séchoirs « serre solaire » CSec-S a été monté sur le site de l'ESP-UCAD à Dakar par le département Génie Mécanique à la fin de l'année 2014 (figure 38).

Le séchoir serre est constitué d'une serre agricole d'une surface d'environ 90 m<sup>2</sup> (14 x 6,4 m) et d'un volume de 200 m<sup>3</sup> (figure 39).



Figure 38. Vue du séchoir CSec-S (© T. Ferré, Cirad)

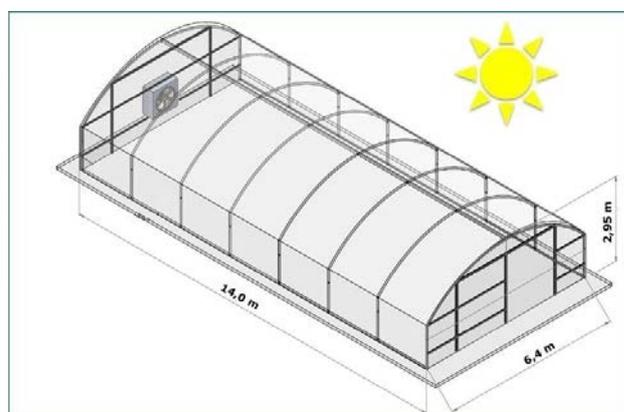


Figure 39. Schéma du séchoir « serre solaire » (© ESP)

Le séchoir « serre solaire » CSec-S est équipé de 8 claies rectangulaires suspendues aux arceaux de la serre. Les claies sont en bois avec fond en treillis métallique recouvert d'un tissu type voile ou

popeline pour recevoir le fonio étalé en couche mince (figure 40). Les dimensions des claies sont de 2,5 m x 1,5 m (avec séparation en 4 zones représentant une surface utile de 3,5 m<sup>2</sup>).

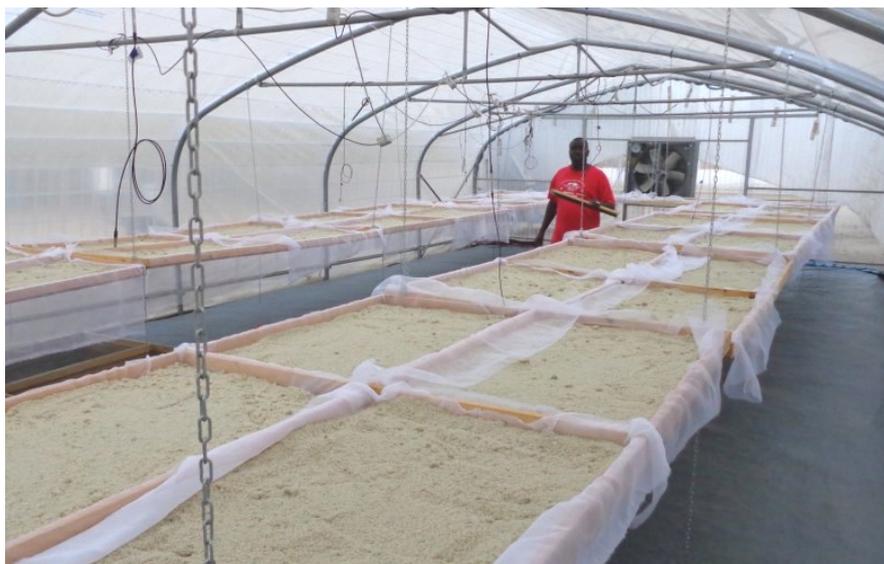


Figure 40. Fonio en couche mince sur les claies de séchage (© M. Rivier, Cirad)

Le séchoir serre est équipé de l'instrumentation suivante :

- treize capteurs thermomètre-hygromètre répartis dans tout le volume de la serre,
- un pyranomètre de mesure du rayonnement solaire, positionné sur un mat à l'extérieur de la serre,
- une centrale d'acquisition des données relevées par les capteurs et le pyranomètre.

Lors des essais expérimentaux réalisés à Dakar, le rayonnement solaire sur la serre (exprimée en W/m<sup>2</sup>), a pu être relevé au pyranomètre. La courbe représentée (figure 41) montre que le rayonnement solaire est surtout efficace (> 600 W/m<sup>2</sup>) entre 10h et 16h avec un maximum proche de 1000 W/m<sup>2</sup> vers 13h.

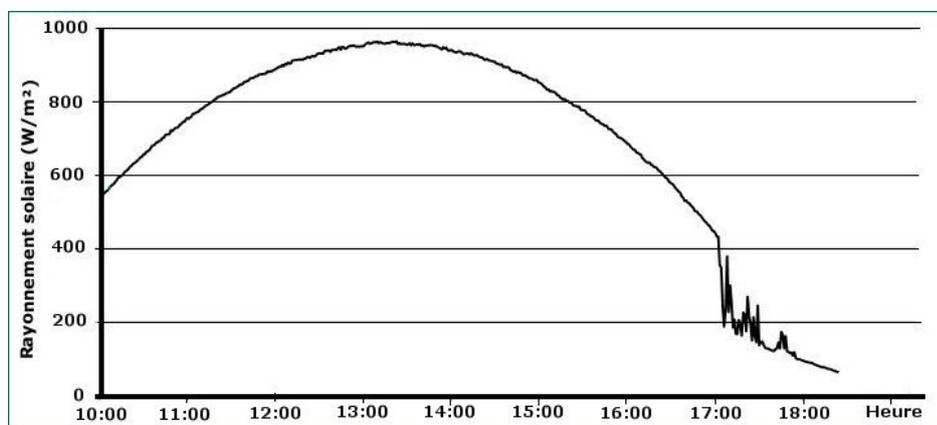


Figure 41. Rayonnement solaire sur la serre au cours d'une journée (© M. Rivier, Cirad)

Pour une température extérieure de 30 °C, la température dans la serre peut atteindre 55 à 60 °C. Cette température peut être abaissée par la mise en route de l'extracteur pour permettre, au besoin, aux opérateurs de charger ou de vider le séchoir dans des conditions de température moins éprouvantes.

- *Essais de validation du séchoir expérimental CSec-S au Sénégal*

Après quelques essais préliminaires de validation du séchoir expérimental CSec-S réalisés à l'ESP-UCAD avec l'appui du Cirad, un essai de séchage en vraie grandeur a été réalisé lors d'un atelier Aval Fonio organisé à Dakar en juin 2015. Il a porté sur le séchage de 315 kg de fonio précuit humide (a priori 35 %) répartis en couche mince sur 10 claies (ou 35 m<sup>2</sup>) comme illustré en figure 42.

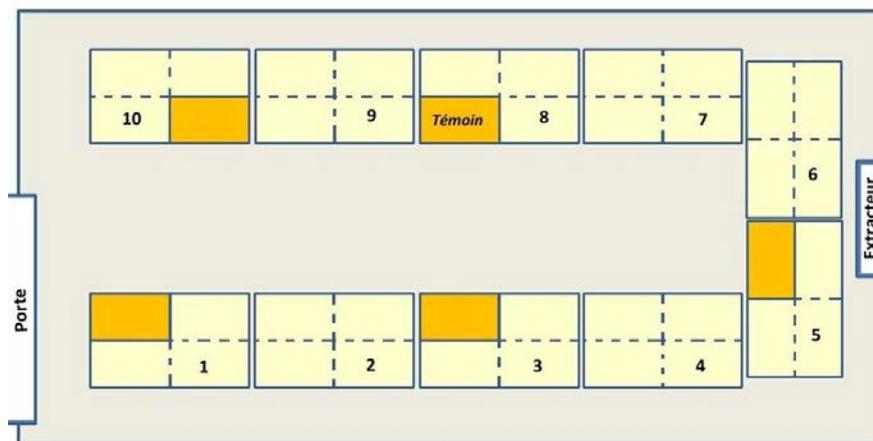


Figure 42. Schéma de la disposition des claies de séchage dans le séchoir CSec-S (© M. Rivier, Cirad)

A l'issue du test, on a obtenu 210 kg de fonio sec après une durée de séjour du fonio dans la serre de plus de 20h (avec approximativement 9h d'enseillement effectif).



Figure 43. Essai de séchage du fonio en serre solaire à Dakar (© J-F Cruz, Cirad)

- *Transfert du séchoir CSec-S en milieu réel au Sénégal*

Un séchoir «serre solaire» CSec-S a été transféré au GIE Koba Club de Kédougou au Sénégal Oriental à la fin de l'année 2015. Des premiers essais de fonctionnement ont permis de sécher environ 250 kg de fonio précuit.

Puis le GIE Koba club a continué à utiliser le séchoir en séchant de 150 à 250 kg de fonio par jour. On a pu noter que le GIE Koba Club chargeait le séchoir en fonio humide, le soir après 18h. Cette pratique n'est pas idéale car le séchoir se retrouve ainsi rempli d'une grande masse de produit humide à une heure de la journée où le rayonnement solaire est négligeable. Il s'en suivra ensuite une période d'une quinzaine d'heures (nuit et petit matin) durant laquelle la température dans la serre s'abaisse et peut entraîner des risques importants de condensation (et éventuellement de fermentation) avant que le rayonnement solaire ne redevienne efficace.



Figure 44. Le séchoir serre solaire CSec-S au GIE Koba Club de Kédougou au Sénégal (© A. Diallo, ESP/UCAD)

### *Conclusion partielle*

Le séchoir serre solaire *CSec-S* de 90 m<sup>2</sup> équipé de 10 claies ou plus répond au cahier des charges que les chercheurs s'étaient fixé en assurant une capacité de chargement d'environ 300 à 350 kg pour sécher du fonio humide transformé (blanc ou précuit) de 35% à 10% en 24h. Les opérateurs privés qui ont pu utiliser les séchoirs *CSec-S* sont satisfaits des bonnes performances observées en conditions réelles d'utilisation. Pour assurer une utilisation plus rationnelle du séchoir serre solaire, il faut recommander un chargement du séchoir en fin de matinée afin de profiter pleinement du rayonnement solaire pour garantir un séchage efficace et une stabilisation rapide du fonio. Les spécialistes en mécanisation considèrent donc que cet équipement est validé pour le séchage du fonio transformé (blanchi et/ou précuit). La diffusion de ce type de séchoir est à promouvoir auprès d'unités de transformation agroalimentaires car il est polyvalent et devrait pouvoir être utilisé sur différents types de produits agricoles. Les PME visées doivent cependant de disposer d'un espace suffisamment grand et dégagé pour permettre son implantation.

*Nota : Implantation d'un séchoir type « serre solaire » en milieu réel en Guinée.*

Afin que des résultats du projet Aval Fonio en matière de séchage puissent bénéficier à certains opérateurs en Guinée, un petit séchoir serre a été installé dans la communauté rurale de Pilimini (préfecture de Koubia). Dans ce village du Fouta Djallon un groupement de femmes souhaite développer son activité de transformation du fonio pour mieux valoriser cette céréale en produisant du fonio précuit (forme de fonio transformé peu répandue en Guinée). Le groupement est appuyé par l'ONG Franco-guinéenne ADESAG qui œuvre pour le développement de l'entreprenariat solidaire en Guinée et qui a déjà équipé le groupement d'un décortiqueur-blanchisseur GMBF.

Dans un premier temps, les quantités transformées par les transformatrices étant encore relativement faibles (quelques dizaines de kg), il a été convenu que le séchoir serre solaire de marque Filclair était surdimensionné et qu'il était nécessaire de rechercher un séchoir d'une vingtaine de m<sup>2</sup> seulement.

Le choix a porté sur une serre de la marque Tonneau (type 5<sup>ème</sup> saison) ayant les caractéristiques suivantes : Longueur : 4,5 m, largeur : 5 m, hauteur : 2,37m. La serre est constituée d'une armature en acier galvanisé avec une couverture transparente en PVC armé. Etant donnée sa petite taille, la serre n'est pas équipée d'un extracteur d'air mais simplement d'une porte sur chacun des pignons afin de faciliter le courant d'air pour permettre une aération naturelle

A Pilimini, la serre a été installée sur une dalle carrelée réalisée par les bénéficiaires.



Figure 45. Le séchoir serre solaire (marque Tonneau) à Pilimini en Guinée (© H. Baldé, Adesag)

#### **2.2.4. WP4: Processus d'innovation dans les petites agro-industries de transformation du fonio**

Le WP4 vise à produire des connaissances sur les processus d'innovation qui engagent les petites entreprises de transformation du fonio. Il vise également à concevoir un dispositif de co-conception de technologies de transformation et de stabilisation du fonio (lavage, dessablage, séchage) impliquant aux côtés des chercheurs du WP3, les acteurs de terrains (équipementiers, utilisateurs potentiels, structures d'appui...) parties prenantes du processus d'innovation.

##### **Activité 5.1. Identifier les acteurs du système d'innovation de la transformation**

Au Burkina Faso, deux études sur les équipementiers des villes de Ouagadougou et Bobo Dioulasso ont été réalisées. Ces travaux ont permis de caractériser ces acteurs mais également d'identifier des partenaires potentiels, susceptibles de participer à la mise au point et à la diffusion des équipements de

transformation du fonio. Une sélection a été faite principalement sur la base de cinq critères: la nature et la complexité de réalisation des équipements déjà fabriqués, la qualification du responsable de l'entreprise et de son personnel, les équipements et les machines-outils disponibles dans l'unité de production, les expériences de partenariats et la volonté de collaborer avec la recherche.

Les chercheurs ainsi opérés ont effectué une première sélection de quatre entreprises : NTELFAC (ex SGGI), SRC, REMICO et Agri-équipement. A l'occasion de la réunion annuelle du projet qui s'est déroulée au Burkina Faso en janvier 2015, une rencontre a été organisée avec les entreprises REMICO et Agri-Equipement qui sont partenaires de l'IRSAT dans la fabrication de décortiqueurs GMBF et de cribles-nettoyeurs.



Figure 46. Visite de l'entreprise Agri-Equipement de Ouagadougou (© J-F Cruz, Cirad)

Au Mali, un recensement des unités de transformation du fonio de la ville de Bamako, a été réalisé quartier par quartier. Les résultats révèlent l'existence d'au moins 71 entreprises de transformation du fonio à Bamako (figure 47). Il s'agit d'une activité presque exclusivement féminine et les rares hommes présents dans ces entreprises sont affectés à l'utilisation des équipements (décortiqueurs, moulins, séchoirs). En plus de leur production de fonio, ces entreprises fabriquent généralement une large gamme de produits céréaliers voire de condiments.

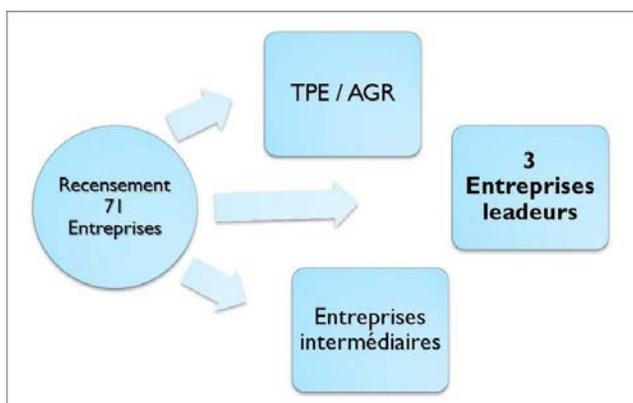


Figure 47. Unités de transformation du fonio à Bamako (© T. Ferré, Cirad)

Plus d'un millier de personnes sont directement employées, de façon temporaire ou permanente, par ces unités de transformation. On constate un double mouvement de développement dans ce secteur d'activité. A la fois par une multiplication du nombre d'entreprises, ainsi plus de 80% ont été créés au cours des années 2000, mais également par une augmentation de la taille de certaines d'entre elles.

On a pu distinguer 3 entreprises de transformation considérées comme les leaders du secteur: UCODAL, Danaya Céréales et Dado Production qui vendent leurs productions à la fois sur le marché national et à l'exportation vers l'Europe et l'Amérique du Nord. Le niveau d'investissement dans l'activité est très important. Elles utilisent des locaux entièrement dédiés à la transformation des produits et ont introduit de nombreux équipements dans leur processus de production (cribles rotatifs, décortiqueurs GMBF, séchoirs à gaz, moulins...).

## Activité 5.2. Etudier les relations entre les composantes du système d'innovation

L'analyse des composantes du système d'innovation et de leurs interrelations prend pour point de départ des observations et des enquêtes, les changements techniques (équipements spécifiques), survenus dans le processus de transformation du fonio. Le choix particulier a porté sur le *décortiqueur GMBF* qui a été conçu puis introduit et diffusé en 2002 dans le cadre du premier projet Fonio.

### ✓ Etude de l'impact de l'innovation « *décortiqueur GMBF* » au Burkina Faso et au Mali

*La démarche d'évaluation de l'impact*

L'analyse s'appuie sur la méthodologie ImpresS développée par le Cirad.

Le chemin de l'impact est schématisé par le diagramme suivant :

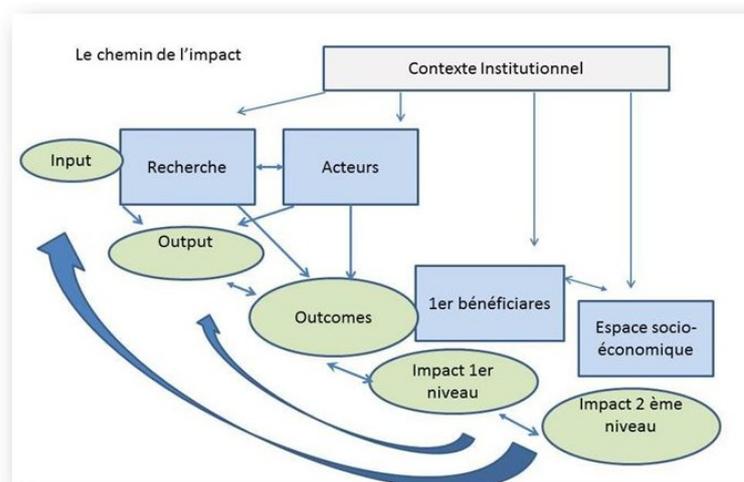


Figure 48. Schéma du chemin de l'impact (© Cirad ImpresS)

### *L'étude d'évaluation d'impact*

L'étude a été réalisée par le Cirad avec la collaboration de l'IRSAT et l'appui d'un stagiaire ISTOM en stage au Cirad puis sur le terrain au Burkina Faso au cours du premier semestre 2015. Pour les enquêtes de terrain au Burkina Faso, le Cirad et l'IRSAT ont sollicité la collaboration de l'ONG «Afrique Verte» (Aprossa). Au Mali, la collaboration est celle de l'ONG «Afrique Verte» (Amassa) et de l'IER (Mme F. Guindo).

Pour lancer l'étude d'évaluation d'impact, une mission conjointe Cirad et IRSAT a été réalisée dans l'ouest du Burkina Faso (Boucle du Mouhoun) en mai 2015. Cette mission a permis de rencontrer de nombreux opérateurs de la filière :

- Entretiens collectifs auprès de 2 groupements de producteurs de Bomborokuy: «Varossé» (23 producteurs) et «Zoumé» (14 producteurs)
- Entretiens collectifs auprès de 3 groupements de transformatrices de Bomborokuy: Association «Passé» (55 femmes), association «Brayorona» (34 femmes) et groupement Benkadi.
- Entretiens individuels avec des entreprises dotées du décortiqueur-blanchisseur GMBF / Repérage des dynamiques en cours / Evolution des activités (à Bomborokuy, Nouna et Djibasso)
- Rencontre avec M. François Ouedraogo (Marché d'Etat/35 décortiqueurs IMAF pour le Burkina).
- Rencontre avec Afrique Verte (Aprossa) et Projet IRD (International Relief & Development.)

### *Principales informations collectées au Burkina Faso*

Pour les producteurs et les transformatrices, les principaux changements observés au cours des dernières années sont :

- Changement de statut du fonio : d'une céréale de soudure à un produit commercial,
- Plus des 2/3 de la production sont commercialisés,
- Augmentation générale des surfaces totales emblavées en fonio / et par producteur,
- Augmentation du prix de vente du fonio,
- Dynamique en cours grâce à: batteuses et décortiqueurs en prestation de services,
- Plus de la moitié de la production est transformée par le décortiqueur,
- Prix de la prestation : 1000 FCFA / tine (environ 15 kg) soit 67 FCFA/kg (ou 0,1 €/kg).

Les principales contraintes restent le manque de batteuses et de décortiqueurs.

Une entreprise de Bomborokuy (F.X. Traoré), équipée de 3 décortiqueurs GMBF et de 2 batteuses (type « Bamba » fabriquées au Mali), réalise une activité de production et de prestation de service depuis 2010. En 2014-2015 l'activité a porté sur 50 tonnes de fonio blanchi. Elle commercialise principalement vers le Mali mais est confrontée à une forte concurrence sur ce marché.



Figure 49. Décortiqueurs GMBF de Bomborokuy (© T. Ferré, Cirad)

En 2015, l'entreprise s'est installée à Bobo Dioulasso pour réaliser une unité de transformation du fonio (UTF) allant jusqu'au produit fini emballé. Elle a accueilli l'installation du dessableur hydrolift (voir § 2.2.3) et a investi dans un séchoir à flux traversant CSec-T (équipements du projet Aval Fonio).

Une entreprise de Nouna (Gaia Bio Solidaire) produit du fonio bio semi-complet étuvé pour l'exportation depuis le début des années 2000. La certification est assurée par Ecocert et l'entreprise est accompagnée l'ONG Orange Bleue Afrique. En 2014-2015, elle a produit 30 tonnes dont 26 ont été exportées car le fonio complet s'écoule encore difficilement sur le marché local ou régional. Elle encadre 9 groupements représentant près de 400 producteurs bio et achète la matière première à 175 FCFA/kg (au lieu de 150 FCFA/kg qui est le prix habituellement pratiqué). Les 30 tonnes de la campagne 2014-2015 ont été acquis auprès de 50 producteurs.

L'entreprise est équipée de deux décortiqueurs GMBF et d'un crible rotatif. L'entreprise produit un fonio étuvé semi-complet. Le diagramme de transformation est constitué des opérations suivantes : nettoyage (criblage), lavage-dessablage, étuvage, séchage puis décortiquage (avec blanchiment partiel). L'unité peut traiter 560 kg de fonio par jour.

Enfin, une entreprise de Djibasso (P. Koeta) est équipée d'un décortiqueur GMBF à moteur thermique et d'un crible rotatif pour réaliser des prestations de service.



Figure 50. Décortiqueur GMBF à l'entreprise Gaia de Nouna (© T. Ferré, Cirad)

### Principaux constats au Burkina Faso

Les décortiqueurs à fonio qui équipent actuellement les entreprises sont des décortiqueurs GMBF fabriqués par IMAF au Mali. Bien que ce décortiqueur ait été mis au point au début des années 2000, il n'y a toujours pas d'équipementiers qui assurent sa fabrication au Burkina Faso.

A l'occasion de la réunion annuelle du projet de Ouagadougou en janvier 2015, les chercheurs ont pu rencontrer l'entreprise REMICO de Ouagadougou qui fabriquait des exemplaires mais d'autres constructeurs ont également été identifiés comme le montre le tableau 4 suivant

Tableau 4. Quelques équipementiers identifiés au Burkina Faso

Entreprise	Représentant	Dispositif associé	Localisation	Accompagnement Recherche
ACEMG	Hermann Ouedraogo	Projet IRD US	Bobo Dioulasso	Identifiés par IRSAT pour être formés à la construction de divers équipements fonio et sésame
Ets Godjio et frères	Omar Godjio	Projet IRD US	Banfora	
AgriEquipements	Alassane Ganou	Projet IRD US	Ouagadougou	
Remico	Yves Zongo	Projet IRD US	Ouagadougou	
Yétéli Constructions	Jean Kamaté	Projet IRD US	Nouna	
AMB	Joseph Pogogné	Sous traitance IRSAT	Ouagadougou	Fabrication de pièces
STAB	Sory Sanogo	Projet CFC Fonio	Bobo Dioulasso	Projet CFC fonio (cône blanchisseur mais abandonné)
AGCM	Karim Guira	Sous traitance IRSAT	Bobo Dioulasso	A réalisé des gabarits à partir du GMBF de Mme Traoré
SOAF	Mamadi Camara	Indépendant	Bobo Dioulasso	Pour lui le marché serait insuffisant

Au Burkina Faso, le manque de constructeurs d'équipements fonio clairement attirés, oblige donc les entreprises de transformation à toujours se fournir au Mali (IMAF) ; ce qui peut entraîner diverses difficultés dans la maintenance des équipements.

Le projet IRD - International Relief & Development (2013-2015) est intervenu sur l'après récolte du fonio en collaboration avec l'IRSAT et Afrique Verte. Il a été prévu de former cinq équipementiers à la fabrication du décortiqueur GMBF (voir tableau n°4). Cela peut paraître excessif car il serait plus réaliste de sélectionner au plus 2 équipementiers (1 à Ouagadougou et 1 dans la région de Bobo Dioulasso) qui pourraient travailler en collaboration directe avec l'entreprise IMAF de Bamako.

### Principales informations collectées au Mali

Au Mali, le dispositif d'évaluation des impacts de l'innovation décortiqueur fonio repose sur une démarche identique. L'Association Malienne pour la Sécurité et la Souveraineté Alimentaires (AMASSA - Afrique Verte Mali) a contribué activement à la mise en œuvre de la démarche d'évaluation des impacts proposée par le Cirad. Elle a notamment pu réaliser les ateliers participatifs avec les acteurs de la filière fonio et conduire certaines enquêtes de terrain avec l'appui de Mme Fanta Guindo (IER). L'étude a permis d'élaborer un chemin d'impact qui aide à identifier la contribution de la recherche au processus.

Les impacts ont été caractérisés par des descripteurs qui font sens pour les acteurs. La collecte de ces descripteurs a été réalisée lors d'entretiens individuels ou de groupes d'abord au moment de l'élaboration du récit de l'innovation, puis au cours d'un atelier participatif qui s'est déroulé en juillet 2015 à Bamako avec les acteurs de la filière fonio. Ces descripteurs ont ensuite été transformés en un nombre limité d'indicateurs qui peuvent être quantifiables ou appréciables qualitativement et qui rendent compte d'une évolution entre une situation de référence et la période de réalisation de l'étude. In fine, les résultats de l'analyse ont été validés au cours d'un atelier final avec les acteurs qui s'est tenu en juin 2016 à Bamako.

### Principaux constats au Mali

Les principaux constats qui émergent de cette analyse au niveau des entreprises sont les suivants :

- L'innovation « *décortiqueur à fonio GMBF* » a eu un impact considérable sur l'équipementier IMAF et sur les transformatrices qui ont participé à sa mise au point. IMAF a commercialisé près de 112 décortiqueurs à fonio. Les transformatrices ont connu une augmentation importante des volumes de production. En 15 ans, la production annuelle des 3 principales entreprises maliennes est passée de quelques tonnes à plus d'une centaine de tonnes avec une quarantaine d'emplois créés. A la fin de l'année 2015, l'entreprise *Danaya Céréales* a ouvert une nouvelle unité de production (figure 51) dans

la zone industrielle de Dialakorobougou située en périphérie de Bamako. Elle a pour objectif de transformer 4 tonnes de fonio par jour en 2018 pour mieux satisfaire les demandes croissantes sur le marché national et à l'exportation.



Figure 51. Entreprise Danaya Céréales à Dialakorobougou (© P. Thunay, Cirad)

- Les transformatrices qui ne sont pas équipées de décortiqueur GMBF ont toutefois accès à cet équipement grâce à l'émergence d'entreprises de première transformation qui commercialisent du fonio décortiqué et blanchi ou grâce à des prestataires de services. C'est le cas à Bamako mais également en province. Ainsi, dans la région de Ségou, l'entreprise UTC basée à San et qui a débuté dans le fonio en 2009 traite aujourd'hui près de 1200 tonnes de fonio par an. Elle possède 6 décortiqueurs et emploie 22 permanents et 30 temporaires.
- A Bamako, 80 % des entreprises de transformation de fonio ont été créées sur la période 2000-2015.

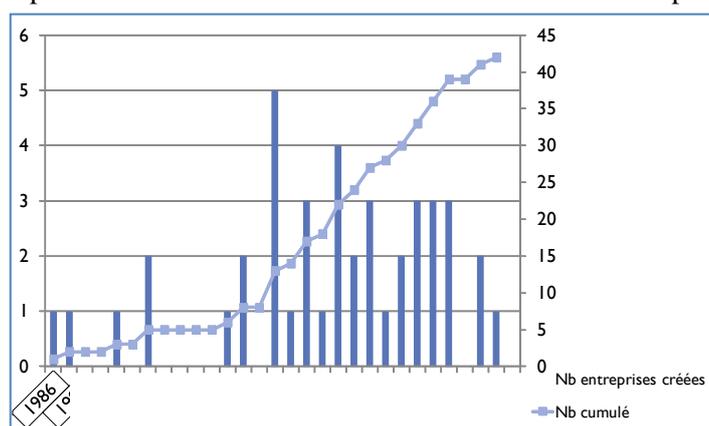


Figure 52. Evolution de la création d'entreprises de transformation du fonio à Bamako (Mali)

- En zone rurale, l'implantation d'ateliers de prestation pour le décortiquage a permis le maintien voire le développement de la culture du fonio. Ainsi, 80% des producteurs enquêtés dans les villages équipés ou proches d'un décortiqueur déclarent une augmentation de leurs surfaces cultivées en fonio depuis l'installation de la machine. Tous les producteurs enquêtés estiment qu'il y a eu une augmentation du nombre de producteurs de fonio dans leur village depuis l'arrivée du décortiqueur.
- Tous les producteurs qui commercialisent leur fonio estiment que leur revenu a augmenté grâce à la vente du fonio: 50% estiment cette augmentation très importante, 40 % l'estiment moyennement importante, 10% peu importante.
- Tous les producteurs de fonio enquêtés assurent que leur situation alimentaire s'est améliorée grâce au maintien et au développement de la culture du fonio. Les producteurs disent conserver tout ou partie de leur récolte de fonio pour la consommation familiale. La récolte du fonio intervenant avant celle des autres céréales, elle permet ainsi de disposer d'un aliment durant la période de soudure. Une majorité de producteurs enquêtés soulignent également l'intérêt du fonio qui leur permet de diversifier leur alimentation et offre la possibilité de préparer différents types de plats.
- La mécanisation du décortiquage contribue à l'amélioration des conditions de vie des ménages ruraux. Dans les villages enquêtés, toutes les femmes soulignent que le décortiqueur les a libérées d'une tâche qu'elles jugent très pénible. Femmes et hommes sont unanimes pour dire que le décortiqueur a diminué la pénibilité du travail, sauvant le fonio d'un déclin régulier. Toutes et tous déclarent que le décortiquage mécanique a permis de réduire les tensions dans la famille.

### ✓ *Enseignements sur la démarche d'innovation*

Au-delà des résultats en termes d'impacts, l'étude portant sur le cas du décortiqueur GMBF permet d'enrichir la réflexion sur la conduite des projets d'innovations et sur les conditions et les mécanismes qui favorisent l'appropriation des résultats de la recherche par les entreprises du secteur agroalimentaire. L'étude contribue à répondre aux questions posées sur : comment améliorer les démarches d'innovations technologiques mises en œuvre par les chercheurs ? Comment accompagner l'innovation des PME du secteur agroalimentaire ?

Certaines conditions ont été essentielles pour que les équipementiers et les transformatrices s'approprient les résultats de la recherche. Les modalités d'interventions qui apparaissent déterminantes dans le cas exemplaire du décortiqueur GMBF sont: la conception conjointe via un dispositif multi-acteurs, les interactions fortes entre les chercheurs et les acteurs clés du dispositif, une forte volonté d'innover des transformatrices, futures utilisatrices du décortiqueur, une intervention de la recherche qui s'est prolongée au-delà de la durée du projet, une implication des ONG dans la diffusion de l'innovation à plus grande échelle.

### **Activité 5.3. Accompagner les processus d'innovation**

Dans le cadre de cette activité, l'équipe du WP4 a accompagné deux activités portées par le WP3 : d'une part la « *Réalisation et expérimentation en milieu réel d'un prototype de dessableur hydrolift* » et d'autre part le « *Transfert du séchoir CSec-T en milieu réel au Burkina Faso* ».

Le dispositif mis en place à Bobo Dioulasso, de type plateforme d'innovation, qui a permis l'obtention des certains résultats (présentés au paragraphe 2.2.3), repose sur la mise en place d'un collectif d'acteurs (équipementier SOLDEV, entreprise UTF leader du secteur, transformatrices de fonio du Réseau RTCF, ONG Aprossa-Afrique Verte et chercheurs de l'IRSAT et du Cirad).

Ce dispositif a permis de mettre en relation différents acteurs qui, pour la plupart, ne s'étaient jamais rencontrés (fabricants d'équipements et transformatrices de fonio). Il s'est agi également de provoquer des interactions entre les chercheurs et les acteurs clés susceptibles de contribuer fortement à la diffusion des innovations au travers de formations: formation des équipementiers à la fabrication du séchoir CSec-T et formation des transformatrices à l'utilisation du séchoir.

La réalisation de deux séchoirs CSec-T dans l'atelier de l'entreprise SOLDEV a permis d'adapter les équipements aux conditions locales de fabrication et d'évaluer leur coût de fabrication. Les séances de formation où se côtoyaient fabricants, transformatrices, chercheurs et ONG ont permis d'appréhender les conditions d'appropriation. En plus des 2 séchoirs fabriqués sur financement du projet Aval Fonio, l'entreprise SOLDEV a fabriqué et commercialisé 3 autres séchoirs pour des transformatrices de Bobo Dioulasso et de Banfora.

#### *Conclusion partielle*

Le dispositif de soutien à la diffusion des innovations mis en place à Bobo Dioulasso, au Burkina Faso, n'existe que depuis la fin de l'année 2015. Bien que récent, il a déjà donné quelques résultats encourageants et nécessite d'être appuyé. Ce type de dispositif s'inspire largement du concept de plateforme d'innovation ainsi que des constats de l'étude de cas de l'innovation *décortiqueur à fonio GMBF*. Il s'agit à travers cette démarche de répondre à la question du comment promouvoir l'accès et l'utilisation effective des innovations agroalimentaires par les PME dans le but d'accroître la productivité du secteur, de contribuer à la croissance économique et de participer ainsi à la sécurité alimentaire et à la réduction de la pauvreté.

Il existe déjà un certain nombre d'expériences de plateformes d'innovations en Afrique. La plupart sont centrées sur les activités agricoles et placent les producteurs au centre du dispositif. Mais peu d'expériences de plateformes d'innovations sont centrées sur l'innovation technologique agroalimentaire. Un tel dispositif mettant en réseau les différents acteurs susceptibles de jouer un rôle dans la conception et l'adaptation des innovations semble prometteur dans le domaine des innovations en technologie agroalimentaire.

Les enjeux pour la recherche sont de :

- Concevoir de nouvelles références techniques
- Renforcer les connaissances des PME : transformatrices et équipementiers
- Renouveler les interactions entre les acteurs des territoires
- Accompagner les processus d'innovation.

## 2.2.5. WP5: Animation, coordination et communication

Le projet Aval Fonio (AURG/161/2012) signé à l'Union Africaine à Addis Abeba le 17 décembre 2012 pour une durée de 36 mois a été prolongé de 6 mois jusqu'au 16 juin 2016.

### **Activité 6.1 : Réaliser un site internet pour informer les acteurs**

Le site Web du projet mis en ligne en septembre 2013 a été régulièrement actualisé tout au long du projet. Il comprend une version française (<http://aval-fonio.cirad.fr/>) et une version anglaise (<http://aval-fonio.cirad.fr/en>).

### **Activité 6.2 : Organiser un séminaire en invitant d'autres pays producteurs**

Cette activité a été remplacée par la tenue d'une réunion finale qui a eu lieu en France à Montpellier en juin 2016.

### **Activité 6.3 : Publier les résultats sous la forme d'articles et d'un cédérom**

Les partenaires ont été encouragés à publier, en cours de projet, des articles de vulgarisation, des brèves journalistiques », des posters... pour faire connaître le fonio en général et/ou les résultats obtenus dans le cadre du projet Aval Fonio en particulier.

Différents posters ont été réalisés à l'occasion de diverses manifestations pour illustrer les recherches menées dans le cadre du projet Aval Fonio et exposer les résultats obtenus.

Un article intitulé « La mécanisation du décorticage du fonio a réduit la pénibilité et contribué à la durabilité de la filière » a été rédigé pour l'ouvrage « Développement durable et filières tropicales » publié en 2016 aux éditions QUAE.

Une plaquette de présentation du projet Aval Fonio a été réalisée pour l'Union Africaine. Elle est disponible en version française et en version anglaise.

Un article « Fonio et Quinoa, deux nouvelles graines à la conquête des marchés » est en cours de rédaction pour être publié dans la revue « Agronomie, environnement et sociétés » de l'association française d'agronomie

L'ouvrage « Fonio, an African cereal » a été publié (Editions Cirad, IRAG) en juillet 2016.

Référence : Cruz J-F, Béavogui F., Dramé D., Diallo T.A. 2016. *Fonio, an African cereal*. Editions Cirad/IRAG, Montpellier, France, 153 p.

Ce livre est la version anglaise actualisée de l'ouvrage « Le fonio, une céréale africaine » paru en 2011 aux éditions QUAE. Ouvrage consacré au fonio, ce livre aborde tous les aspects de cette petite céréale, de la culture à la transformation, et fournit même quelques recettes culinaires. Cet ouvrage est la synthèse d'une vingtaine d'années de recherches réalisées, en Afrique de l'Ouest, dans le cadre de projets internationaux.

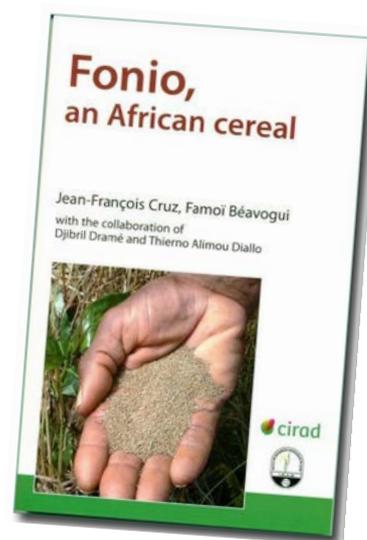


Figure 53. Ouvrage « Fonio, an African cereal » (© Cruz, Cirad)

Un cederom Aval Fonio est en préparation pour rassembler tous les livrables du projet.

Enfin, un petit film documentaire sur le fonio a été réalisé :

*Morlet N., avec la collaboration de Cruz J-F., Fonio, 2016.*

### **Activité 7.1 : Organiser et animer des ateliers spécifiques et les réunions annuelles**

Au cours du projet, la coordination a organisé différentes réunions et ateliers qui ont été les principaux jalons du projet (tableau 5), à savoir : la réunion de démarrage à Dakar (Sénégal), quatre ateliers de chercheurs et trois réunions annuelles du comité de pilotage dans différents pays et la réunion finale à Montpellier (France).

Tableau 5. Calendrier des réunions et ateliers organisés

Réunions ou ateliers	Pays	Participants	Mois	Durée (j)
Réunion de démarrage	Sénégal	Comité de pilotage + partenaires et chercheurs	15-16 avril 2013	2
Atelier WP1 à 4	Sénégal	Chercheurs et partenaires locaux	17-19 avril 2013	3
Atelier WP3 & WP4	Burkina Faso	Chercheurs et partenaires locaux	19-21 novembre 2013	3
Réunion annuelle	France	Comité de pilotage + chercheurs	7 - 11 avril 2014	4
Atelier WP1 à 4	Mali	Chercheurs et partenaires locaux	9 – 13 Juin 2014	4
Réunion annuelle	Burkina Faso	Comité de pilotage + partenaires locaux	19 – 23 janvier 2015	4
Atelier WP1 à WP4	Sénégal	Chercheurs et partenaires locaux	8 – 12 juin 2015	3
Réunion annuelle	Sénégal	Comité de pilotage + partenaires locaux	1 – 5 février 2016	4
Réunion finale	France	Comité de pilotage + Chercheurs	6 – 11 juin 2016	4

#### ✓ *Réunion et atelier de démarrage au Sénégal*

Placé sous l'égide du Cirad et de l'Ecole Supérieure Polytechnique de l'Université Cheick Anta Diop (ESP/UCAD), la réunion de démarrage et le premier atelier des workpackages ont eu lieu à Dakar (Sénégal) du 15 au 19 avril 2013. Ils ont réuni une trentaine de participants, dont des chercheurs et des agents administratifs venant du Burkina Faso, du Burundi, de France, de Guinée, du Mali et du Sénégal ainsi que des acteurs de la filière, principalement des transformatrices, et des partenaires de la recherche.



Figure 54. Réunion de démarrage du projet Aval Fonio à Dakar (© Cirad)

#### ✓ *Atelier des workpackages au Burkina Faso*

L'atelier des workpackage s'est déroulé du 18 au 22 novembre 2013 au siège de la Direction Régionale du Cirad à Ouagadougou. Il a réuni une dizaine de chercheurs et techniciens du projet Aval Fonio venant du Burkina Faso, de France, du Mali et du Sénégal. Il a permis de rencontrer des transformatrices de fonio à Ouagadougou et de visiter les laboratoires de l'IRSAT, partenaire du projet Aval Fonio au Burkina Faso.

#### ✓ *Réunion annuelle 2014 en France*

La première réunion annuelle du projet Aval Fonio a été organisée par le Cirad à Montpellier du 7 au 11 avril 2014. Elle a rassemblé une quinzaine de participants, partenaires et associés du projet venant du Burkina Faso, du Burundi, de Guinée, du Mali, du Sénégal et de France. Elle a permis d'analyser l'état d'avancement des activités des différents workpackages et de programmer les activités pour la deuxième année. Elle a également été l'occasion de visiter certains laboratoires et plateaux techniques de la Maison de la Technologie du Cirad à Montpellier.

#### ✓ *Atelier des workpackages au Mali*

Un atelier des workpackages a été organisé par le Cirad et l'IER à Bamako du 9 au 13 juin 2014. L'atelier a réuni une dizaine de chercheurs venant du Burkina Faso, de France, de Guinée, du Mali et du Sénégal. Il a été l'occasion de visiter les laboratoires de l'IER/LTA, partenaire du projet Aval Fonio au

Mali et de rencontrer différents opérateurs privés de la filière fonio à Bamako comme les unités de transformation Ucodal, Dado production et Danaya céréales et les équipementiers IMAF et SIPS.

#### ✓ *Réunion annuelle 2015 au Burkina Faso*

En 2015, la réunion annuelle du projet Aval Fonio a été organisée à Ouagadougou (Burkina Faso) du 19 au 23 janvier 2015. Organisée conjointement par le Cirad et l'IRSAT, la réunion annuelle a rassemblé tous les partenaires du projet (Cirad, Irsat, IER, ESP-Ucad, CNTA) à l'exception de l'IRAG de Guinée qui n'a pas eu la possibilité de rejoindre le Burkina Faso. Elle a donné l'occasion de visiter des constructeurs d'équipements de transformation du fonio (Remico et Agri-équipement) à Ouagadougou.

#### ✓ *Atelier des workpackages au Sénégal*

Un atelier des workpackages a été organisé à Dakar (Sénégal) du 8 au 12 juin 2015. La réunion a rassemblé une vingtaine de participants venant du Burkina Faso, de France, de Guinée, du Mali et du Sénégal. Les discussions ont permis de faire le point sur les résultats des recherches menées en mécanisation post-récolte du fonio. L'atelier a également été l'occasion de réaliser un essai de séchage de 350 kg de fonio précuit dans le séchoir serre solaire (CSec-S) conçu par le Cirad et testé à l'ESP-UCAD.

#### ✓ *Réunion annuelle 2016 au Sénégal*

La troisième réunion annuelle du projet Aval Fonio a eu lieu à Dakar (Sénégal) du 1 au 5 février 2016. Organisée par le Cirad et l'ESP-UCAD, la rencontre a concerné tous les partenaires du projet et a rassemblé une douzaine de participants (Cirad, ESP-Ucad, IER, IRAG et IRSAT). La réunion annuelle a eu pour objet d'analyser les résultats des différentes activités réalisées en 2015 et de programmer les activités jusqu'à la clôture du projet. Elle a également permis d'aborder les aspects administratifs et financiers du projet et de décider d'une réunion finale à Montpellier (France).

#### ✓ *Réunion finale en France*

La réunion finale du projet Aval Fonio a été organisée par le Cirad à Montpellier (Maison de la Technologie) du 6 au 10 juin 2016 et a rassemblé une quinzaine de participants représentant les différents partenaires du projet. La réunion finale a permis de dresser un bilan détaillé des nombreuses activités réalisées dans le cadre du projet Aval Fonio et notamment :

- Analyse des systèmes de production et des systèmes post-récolte du fonio,
- Mécanisation des techniques post-récolte du fonio (batteuses et nettoyeurs),
- Amélioration des techniques de transformation et de stabilisation (dessableurs et séchoirs),
- Processus d'innovation dans les petites industries de transformation.

La réunion a aussi été l'occasion de présenter aux partenaires du Sud les différents plateaux techniques de la plateforme de technologie agroalimentaire du Cirad.



De gauche à droite :

2ème rang: T. Ferré (Cirad), Mme F. Boré Guindo (IER, Mali), J-F Cruz (Cirad), Mme V. Bancal (Cirad),  
A. Diallo (ESP, Sénégal), S. Camara (IRAG, Guinée), P. Thaunay (Cirad), I. Medah (IRSAT, Burkina Faso)  
1er rang assis: C.M.F. Kébé (ESP, Sénégal), A. Delpéch (Cirad), T. Goli (Cirad), A. Anne (ESP, Sénégal)

Figure 55. Participants à la réunion finale du projet Aval Fonio à Montpellier (© A. Servent, Cirad)

## **Activité 7.2 : Former les partenaires**

En 2013, une formation intitulée « Méthode de conception d'équipements » a été réalisée au Sénégal par le Cirad (P. Thauhay) à la demande du partenaire ESP-UCAD.

En 2016, une session de formation à l'utilisation des séchoirs CSec-T a été réalisée à Bobo Dioulasso pour une quinzaine de transformatrices et transformateurs de fonio de l'Ouest du Burkina Faso et de Ouagadougou. Elle a été organisée à l'IRSAT de Bobo Dioulasso et assurée par les chercheurs et techniciens du Cirad, de l'IRSAT, de l'ESP-UCAD et en collaboration avec l'ONG Afrique verte Burkina - Aprossa.

Durant le projet et lors de la validation des divers équipements (séchoirs, dessableurs...) le Cirad et ses partenaires ont pu former les équipementiers et les transformateurs de fonio à la fabrication et à l'utilisation des matériels.

## **2.3. Activités modifiées**

### **2.3.1. WP1 : Analyse des systèmes de production et des systèmes post-récolte**

Il n'y a pas eu de retard majeur dans la réalisation des activités du WP1.

### **2.3.2. WP2 : Mécanisation des techniques post-récolte du fonio**

Les retards observés au cours des 2 premières années de projet ont pu être résorbés et tous les essais prévus ont pu être réalisés.

### **2.3.3. WP3: Amélioration des technologies de transformation et de stabilisation du fonio**

Les retards accumulés au cours des 2 premières années de projet ont pu, là aussi, être résorbés et tous les essais prévus ont pu être réalisés grâce notamment à la prolongation de 6 mois du projet. C'est ainsi que le transfert et les tests en milieu réel des séchoirs « à flux traversant » CSec-T et « serre solaire » CSec-S au Sénégal, au Burkina Faso et en Guinée ont pu avoir lieu durant le premier trimestre 2016.

En matière de mécanisation du dessablage du fonio, le premier prototype de dessableur « hydrolift » a été fabriqué et testé en milieu réel dans l'entreprise UCODAL de Bamako (Mali) durant l'année 2015.

Grâce à la prolongation de 6 mois du projet, un second prototype et une présérie de deux dessableurs hydrolift ont pu être réalisés pour équiper 3 autres PME transformatrices de fonio respectivement au Mali, au Burkina Faso et au Sénégal.

### **2.3.4. WP4: Processus d'innovation dans les petites agro-industries de transformation**

Il n'y a pas eu de retard particulier dans la réalisation des activités du WP4.

### **2.3.5. WP5: Animation, coordination et communication**

En raison de la situation sécuritaire et/ou sanitaire dans certains pays partenaires (Guinée et Mali notamment), le comité de pilotage a été amené à modifier le calendrier des réunions et ateliers initialement prévu. Ces modifications n'ont finalement pas porté préjudice à la bonne marche du projet.

### **2.3.6. Autres activités**

#### **✓ Evaluation mi-parcours**

Une mission d'évaluation à mi-parcours par 2 experts avait été prévue pour analyser la pertinence des équipements (batteuses, nettoyeurs, dessableurs, séchoirs...) testés au niveau des petites entreprises de transformation. Puisque la conception et la validation des prototypes ont pris du retard et que les premiers matériels n'ont été implantés en milieu réel qu'au cours de l'année 2015, la mission d'évaluation à mi-parcours s'est révélée inutile. Etant donné les bons résultats obtenus, dès les premiers essais des prototypes conçus (dessableur hydrolift, séchoir serre solaire et séchoir à flux traversant...), il est apparu préférable d'utiliser ce poste pour assurer une meilleure diffusion des équipements performants chez différents partenaires : séchoirs au Sénégal mais aussi au Burkina Faso et en Guinée, dessableurs hydrolift dans 2 entreprises de Bamako (Mali) mais aussi au Burkina Faso (Bobo Dioulasso) et au Sénégal (Kédougou).

#### **✓ Séminaire final.**

Un séminaire final avait été programmé à Ouagadougou (Burkina Faso) mais étant donné les attentats qui ont eu lieu dans cette ville en janvier 2016, le comité de pilotage du projet a été décidé de remplacer cette manifestation par une réunion finale des partenaires du projet à Montpellier (France).

## 2.4. Résultats du projet Aval Fonio.

### Observations sur l'exécution et la réalisation des activités

Certaines activités techniques ont pu connaître un retard conséquent dans leur exécution car la situation sécuritaire et/ou sanitaire dans certains pays partenaires (Guinée, Mali, ou même Burkina Faso...) a pu perturber le lancement ou le bon déroulement des actions.

Les enquêtes du WP1 sur les systèmes de production et de post-récolte du fonio en Guinée se sont finalement déroulées plus ou moins normalement malgré un pays qui fut, à une période, gravement touché par le virus Ebola. Grâce au dévouement du partenaire IRAG, ces enquêtes ont été réalisées dans 7 préfectures du Fouta Djallon où la culture du fonio est très fréquente.

Pour le WP2 « Mécanisation des techniques post-récolte », les différentes activités prévues ont été menées à leur terme avec des résultats très intéressants même s'ils ne sont pas tous positifs.

Une motofaucheuse à fonio a été testée en Guinée mais les résultats n'ont pas donné satisfaction. Des études sont donc encore nécessaires pour envisager, à terme, la mécanisation de la récolte du fonio.

Des tests de battage du fonio ont été réalisés. La batteuse type Ricefan a été testée au Mali et en Guinée mais les résultats sont médiocres. Les nouveaux essais réalisés avec la batteuse ASSI réhabilitée, ont confirmé les bons résultats déjà obtenus lors des précédents projets fonio. Suite aux très bons résultats obtenus avec de la batteuse ASSI modifiée, les spécialistes en mécanisation considèrent que la machine est validée pour le battage du fonio et semble, par ailleurs, économiquement rentable notamment dans les conditions guinéennes. La machine actuelle, relativement lourde, peut convenir aux zones de plaine facilement accessibles. Pour les zones de montagne, il serait nécessaire d'avoir recours à des batteuses de même type mais de taille réduite pour être plus facilement transportables.

Les essais de nettoyage avec le crible rotatif et le canal de vannage ont confirmé les bonnes performances de ces équipements. Suite aux très bons résultats obtenus (débit voisin de 400 kg/h), les spécialistes en mécanisation considèrent que ces équipements sont validés pour le nettoyage du fonio paddy et peuvent être utilisés pour le nettoyage du fonio décortiqué et blanchi ; le canal de vannage est d'ailleurs souvent accouplé au décortiqueur-blanchisseur GMBF. Le crible rotatif et le canal de vannage sont des matériels polyvalents qui peuvent être utilisés sur d'autres céréales. Aujourd'hui ces deux équipements devraient pouvoir être construits par les artisans locaux afin de mieux assurer leur diffusion dans de nombreux pays d'Afrique de l'Ouest.

Les résultats techniques du WP3 « Amélioration des techniques de transformation et de stabilisation » ont été les plus nombreux et les plus innovants. ,

Pour l'activité 3 de mécanisation du lavage et du dessablage, il a été montré, par des tests à Montpellier et à Bamako, que l'utilisation d'un simple laveur type « bétonnière » électrique permettait de mettre en œuvre un principe de brassage en excès d'eau proche de celui qui est utilisé lors du lavage manuel traditionnel du fonio. Pour le dessablage, le dessableur « hydrolift », conçu par le Cirad, répond au cahier des charges que les chercheurs s'étaient fixé en assurant un débit voisin de 100 kg/h et un taux résiduel de sable dans les grains inférieur à 200 ppm. Des prototypes et des matériels de présérie ont été placés et testés dans des PME au Mali, au Burkina Faso et au Sénégal. Les opérateurs privés sont satisfaits des bonnes performances observées en conditions réelles d'utilisation.

Pour l'activité 4 « séchage », un séchoir à flux traversant (CSec-T) et un séchoir « serre solaire » (CSec-S) ont été testés sur le site de l'ESP-UCAD à Dakar avant d'être transférés en milieu réel au Sénégal Oriental (séchoir CSec-T au GIE de Salémata et séchoir CSec-S au GIE Koba Club de Kédougou). Le séchoir CSec-T répond au cahier des charges que les chercheurs s'étaient fixé en assurant une capacité de chargement d'environ 100 kg et un débit de séchage de 30 à 35 kg/h pour sécher du fonio humide transformé (blanc ou précuit) de 35% à 10%. Le séchoir serre solaire CSec-S de 90 m<sup>2</sup> équipé de 10 claies ou plus répond également au cahier des charges fixé en assurant une capacité de chargement d'environ 300 à 350 kg pour sécher du fonio humide transformé (blanc ou précuit) de 35% à 10% en 24h. Par ailleurs, 2 séchoirs CSec-T ont été fabriqués au Burkina Faso pour être mis à disposition de 2 PME burkinabé (à Ouagadougou et à Toussiana), et un petit séchoir CSec-S de 20 m<sup>2</sup> a été placé dans le village de Pilimini en Guinée. Les différents opérateurs privés qui ont pu utiliser les séchoirs CSec-T et CSec-S semblent satisfaits des performances observées en conditions réelles d'utilisation.

Pour le WP4 « Processus d'innovation dans les petites industries de transformation », les activités se sont déroulées normalement et l'étude de l'impact de l'innovation « décortiqueur GMBF » a pu être réalisée au Burkina Faso et au Mali. Pour les enquêtes de terrain, le Cirad et l'IRSAT ont sollicité la collaboration de l'ONG «Afrique Verte» (Aprossa) au Burkina Faso et de l'ONG «Afrique Verte» (Amassa) et de l'IER (Mme F. Guindo) au Mali.

Pour le WP5, les activités 6.1 (Site internet) et 7.2. (Formation des partenaires) avaient été réalisées en début de projet conformément au programme prévisionnel. Pour les autres activités quelques modifications ont été apportées au calendrier des différentes réunions ou ateliers comme cela a été décrit au paragraphe 2.3. «Activités modifiées». Par rapport au projet initial, 2 postes ont été modifiés concernant notamment la mission d'évaluation à mi-parcours et l'organisation d'un séminaire final.

En matière de publication, certains résultats du projet Aval fonio ont fait l'objet de posters présentés à diverses occasions et ont été utilisés pour actualiser l'ouvrage « Le fonio, une céréale africaine » paru en 2011 aux éditions QUAE. Une version anglaise intitulée « Fonio, an African cereal » a ainsi pu être publiée (Editions Cirad, IRAG) en juillet 2016.

## 2.5. Résultats pour les bénéficiaires finaux et groupes cible

De très nombreux partenaires privés ont été associés au projet et notamment des producteurs, des transformateurs et des associations de femmes regroupées en GIE, des équipementiers ...

En Guinée, ce sont davantage les producteurs de fonio qui ont été associés dès le début du projet Aval Fonio car les activités du WP1 concernent l'amont de la filière. Un intérêt particulier a été porté au village de Donghel Sigon (préfecture de Mali au Fouta Djallon) où les producteurs disposent de deux grands domaines de 170 ha et 250 ha aujourd'hui consacrés à la culture du fonio. Dans le cadre du WP2, un atelier mécanique de Labé (M. Thierno Bela) a étroitement participé aux modifications apportées à certains équipements. Enfin un groupement de femmes du village de Pilimini (préfecture de Koubia au Fouta Djallon) a bénéficié de l'installation d'un séchoir serre CSec-S de petite dimension

Au Sénégal, ce sont des associations de femmes transformatrices, regroupées en GIE, qui ont étroitement collaboré au projet en participant d'une part aux essais du séchoir à flux traversant CSec-T (GIE de Salémata) et d'autre part à l'installation et au suivi du séchoir serre solaire CSec-S et du dessableur hydrolift (GIE *Koba Club* de Kédougou). Le lycée technique *Mamba Guirassy* de Kédougou a également participé au montage final du dessableur hydrolift.

Au Mali, comme lors des précédents projets fonio, une collaboration très étroite a été établie avec l'équipementier *IMAF* qui a participé aux activités dès le début du projet. Les actions conjointes ont notamment portées sur la fabrication ou la modification des nombreux équipements ou prototypes testés dans le cadre du projet : motofaucheuse, batteuse type Ricefan, canal de vannage, crible rotatif, prototypes de dessableurs « hydrolift ». D'autres équipementiers ont également pu participer à certaines activités comme *MOD Engineering* ou l'artisan *Nana Philémon*. Plusieurs PME de Bamako ont également participé étroitement aux différents tests réalisés en milieu réel. Il s'agit notamment de *UCODAL*, *Danaya Céréales* ou encore *Dado Production*. Ces PME sont les trois entreprises leaders de la transformation du fonio au Mali Bamako (voir § 2.2.4).

Au Burkina Faso, plus d'une vingtaine d'ateliers de construction mécanique ont été rencontrés à Bobo Dioulasso et Ouagadougou lors d'enquêtes réalisées dans le cadre du WP4. Une collaboration très étroite a été établie avec l'équipementier *SOLDEV* de Bobo Dioulasso pour la fabrication de séchoirs CSec-T et la réalisation partielle et le montage du dessableur hydrolift. Une collaboration particulière a également été établie avec l'entreprise *UTF* (Unité de Transformation du Fonio) nouvellement installée à Bobo Dioulasso et qui a accueilli l'installation du dessableur hydrolift et a investi dans un séchoir à flux traversant CSec-T. Une quinzaine de transformatrices et transformateurs de fonio de l'Ouest du Burkina Faso et de Ouagadougou a bénéficié d'une session de formation à l'utilisation du séchoir CSec-T. Deux PME, « *Tout Super* » à Toussiana et *EOBA* à Ouagadougou, ont été sélectionnées pour recevoir des séchoirs CSec-T en raison de leur collaboration très ancienne avec les chercheurs qui œuvrent, depuis le début des années 2000, à l'amélioration de la filière fonio en Afrique de l'Ouest.

## 2.6. Produits réalisés au cours du projet

### 2.6.1. Rapports et publications (posters...)

#### ✓ Rapports

- Cruz J-F. 2013. Réunion de démarrage et ateliers. Projet Aval Fonio. Cirad, Montpellier, 20 p. + annexes
- Béavogui F., Diallo T.A., Camara S., Thauay P. 2013. Compte – rendu annuel des activités de l'IRAG Projet Aval Fonio. IRAG, Conakry, Guinée. 10 p.
- Cruz J-F. 2013. Rapport intermédiaire. Projet Aval Fonio. Cirad, Montpellier, 20 p.
- Cruz J-F., Goli T, Ferré T. 2013. Rapport de l'atelier des WP3&4 à Ouagadougou (Burkina Faso). Projet Aval Fonio. Cirad, Montpellier, 25 p.
- Diallo T.A., Thauay P. 2013. Compte –rendu annuel des activités sur la mécanisation des techniques post-récolte du fonio en Guinée. Projet Aval Fonio. IRAG, Conakry, Guinée. 4 p.
- Cruz J-F. 2014. Rapport de la 1<sup>ère</sup> réunion annuelle. Projet Aval Fonio. Cirad, Montpellier, 25 p.
- Cruz J-F. 2014. Rapport annuel 2013. Projet Aval Fonio. Cirad, Montpellier, 36 p. (Versions française et anglaise).
- Cruz J-F., Goli T, Ferré T., Thauay P. 2014. Rapport de l'atelier des WP1 à 4 à Bamako (Mali). Projet Aval Fonio. Cirad, Montpellier, 19 p.
- Béavogui F., Camara S., Diallo A. 2014. Rapport annuel WP1. Analyse des systèmes de production et des systèmes post-récolte en Moyenne. Projet Aval Fonio. IRAG, Conakry, Guinée. 23 p. + annexes
- Cruz J-F. 2015. Rapport annuel 2014. Projet Aval Fonio. Cirad, Montpellier, 36 p. (Versions française et anglaise).
- Cruz J-F., Kébé C. M. F. 2015. Rapport de l'atelier de Dakar (Sénégal). Projet Aval Fonio. Cirad, Montpellier, 32 p.
- Béavogui F., Camara S., Diallo A. 2015. Rapport annuel WP1. Analyse des systèmes de production et des systèmes post-récolte en Moyenne. Projet Aval Fonio. IRAG, Conakry, Guinée. 13 p.
- Ferré T., Medah I. 2016. Processus d'innovation dans les petites industries de transformation. Rapport d'activités 2015 et 2016. Projet Aval Fonio. Cirad, Montpellier. 14 p.
- Cruz J-F., Goli T, Ferré T. 2016. Rapport annuel 2015-2016. Projet Aval Fonio. Cirad, Montpellier, 47p. (Versions française et anglaise).

#### ✓ Rapport de missions

- Diallo T.A., Thauay P., Loua F. 2013. Compte –rendu d'essais de matériel de récolte de battage et de nettoyage du fonio en Guinée. Projet Aval Fonio. IRAG, Conakry, Guinée. 8 p.
- Kane C., Anne A. 2013. Compte rendu de mission au Mali. Rencontre avec des formatrices de fonio et des constructeurs d'équipements. Projet Aval Fonio. ESP-Ucad, Dakar, Sénégal. 10 p.
- Kebe C. M. F., Cissé M., Ayessou N. 2013. Compte rendu de mission à Salémata, Kédougou et Kayes. Projet Aval Fonio. ESP-UCAD, Dakar, Sénégal. 8 p.
- Cruz J-F. 2013. Rapport de mission au Sénégal. Projet Aval Fonio. Cirad, Montpellier, 7 p.
- Thauay P. 2013. Formation Méthode de conception d'équipements à l'ESP-Ucad. Projet Aval Fonio. Activité 7.2., Cirad, 37 p. + annexes
- Diallo A. 2015. Compte rendu de mission à Kédougou. Implantation d'un séchoir solaire CSec-S. Projet Aval Fonio. ESP-UCAD, Dakar, Sénégal. 10 p.
- Rivier M. 2015. Rapport de mission à l'ESP-UCAD au Sénégal. Essais de validation des séchoirs à flux traversant (CSec-T) et « serre solaire » (CSec-S). Projet Aval Fonio. Cirad. Montpellier. 20p.
- Diallo A. 2016. Compte rendu de mission à Bamako (Mali) et Bobo Dioulasso (Burkina). Adapter et valider des séchoirs pour les PME formatrices. Projet Aval Fonio. ESP-Ucad, Dakar, Sénégal. 10 p.

### ✓ **Rapports de stagiaires**

Blanc N. 2013. Recherche et étude de principes permettant le lavage et dessablage du fonio. Master 1 de mécanique. Université de Montpellier 2. Cirad. Montpellier, France. 58 p. + annexes

Martin C. 2013. Analyse des processus d'innovation dans la transformation du fonio au Burkina Faso. Projet Aval Fonio. Mémoire de fin d'étude. Montpellier SupAgro. Spécialité Systèmes Agricoles et agroalimentaires durables au Sud (SAADS). Montpellier, France. 110p. + annexes

Gaucher S. 2013. Les contraintes au développement des entreprises de transformation du fonio au Sénégal Oriental. Projet Aval Fonio. Mémoire de fin d'étude. Montpellier SupAgro. Spécialité Systèmes Agricoles et agroalimentaires durables au Sud (SAADS). Option: Industrie agroalimentaire au Sud (IAAS) Montpellier, France. 38 p. + annexes.

Coulibaly K., 2014. Analyse des processus d'innovation dans les petites et moyennes entreprises de transformation de fonio à Bamako. Projet Aval Fonio. Mémoire de fin d'étude. Master 2 Economie Rurale et Stratégies des Entreprises Agroalimentaires (ERSEA). Université de Montpellier, France. 45 p.

Chtioui M., 2015. Analyse de la diffusion et des effets d'une innovation au Burkina Faso et au Mali : le décortiqueur de fonio « GMBF ». Mémoire de fin d'études Ingénieur. Ecole Supérieure d'Agro-Développement International (ISTOM). Cergy-Pontoise, France. 92 p. + annexes.

### ✓ **Posters et plaquettes**

Cruz J-F, Ferré T., Medah I., Goli T. 2013. Valorisation d'une céréale africaine: le fonio. (Digitaria exilis Stapf). Cirad, Irsat, Syal. Congrès International des Systèmes agroalimentaires localisés (SYAL), Florianopolis, Brésil.

Cruz J.-F., Kébé C. M., Cissé M., Sambou V., Béavogui F., Diallo T. A., Goli T., Thauhay P., Ferré T., Medah I., Guindo F., Soufountera M. 2014. Valorisation du fonio. Cirad, ESP/UCAD. Forum International sur la promotion des innovations et des partenariats dans le secteur agro-alimentaire et des agro-ressources (FINNOVAR), Dakar, Sénégal.

Goli T., Thauhay P., Ricci J., Prades A., Bore Guindo F., Babre D., Van de Lee A., Cruz J.-F. 2014. Procédés de dessablage du fonio: Détermination de la teneur en sable. Congrès AFTER, projet européen sur la Valorisation des produits traditionnels africains. Dakar, Sénégal.

Cruz J.-F., Kébé C. M. F., Goli T., Diallo T. A., Guindo F., Medah I., Ferré T., Thauhay P., Béavogui F., Sambou V., Cissé M., Soufountera M. 2014. Mécanisation post-récolte du fonio. Congrès AFTER, projet européen sur la Valorisation des produits traditionnels africains. Dakar, Sénégal.

### ✓ **Ouvrage**

Cruz J-F, Béavogui F., Dramé D., Diallo T.A. 2016. *Fonio, an African cereal*. Editions Cirad/IRAG, Montpellier, France, 153 p.

### ✓ **Film**

Morlet N., avec la collaboration de Cruz J-F., Fonio, 2016.

## **2.6.2. Livrables**

Les livrables, en cours de rédaction, du projet Aval Fonio sont les suivants :

Livable 1. Typologie des systèmes de production et des systèmes post-récolte en Guinée.

Livable 2. Principales contraintes pour la production de fonio en Guinée et perspectives d'évolution

Livable 3. Mécanisation de la récolte et du battage du fonio.

Livable 4. Mécanisation du nettoyage du fonio.

Livable 5 Mécanisation des opérations de lavage et dessablage du fonio

Livable 6. Guide d'utilisation du dessableur « hydrolift » de fonio

Livable 7. Dossier de fabrication du dessableur « hydrolift » de fonio

Livable 8. Quantification du sable dans le fonio

Livable 9. Séchage du fonio. Le séchoir serre solaire Csec-S

Livable 10. Dossier d'adaptation et de montage du séchoir serre solaire CSec-S

Livable 11. Expérimentation en entreprise du séchoir serre solaire CSec-S

- Livrable 12. Séchage du fonio. Le séchoir à flux traversant CSec-T
- Livrable 13. Plans de fabrication du séchoir CSec-T
- Livrable 14. Expérimentation en entreprise du séchoir à flux traversant CSec-T
- Livrable 15. Manuel d'utilisation du séchoir Csec-T
- Livrable 16. Guide de formation à l'utilisation du séchoir Csec-T
- Livrable 17. Entreprises de transformation du fonio et innovations au Burkina Faso
- Livrable 18. Entreprises de transformation du fonio et innovations au Mali
- Livrable 19. Etude d'impact du décortiqueur à fonio GMBF

### 2.6.3. Equipements

La liste des principaux équipements de récolte et de post-récolte du fonio conçus et/ou adaptés dans le cadre du projet Aval Fonio est la suivante.

- 1 motofaucheuse à riz (modèle JD 170 F) fabriquée en Guinée et testée par l'IRAG à Bareng
- 1 batteuse type *RiceFan* (Votex), fabriquée par IMAF et testée à l'IER au Mali puis à l'IRAG en Guinée
- 1 batteuse Assi réhabilitée et testée par l'IRAG à Donghel Sigon au Fouta Djallon en Guinée
- 1 tarare Alvan Blanch réhabilité et testé par l'IRAG à Bareng
- 1 canal de vannage fabriqué par IMAF au Mali et testé par l'IRAG à Bareng en Guinée
- 1 crible rotatif fabriqué par IMAF au Mali et testé par l'IRAG à Bareng en Guinée
- 1 décortiqueur GMBF fabriqué par IMAF au Mali et placé pour démonstration à l'IRAG Bareng en Guinée
- 1 décortiqueur GMBF fabriqué par IMAF au Mali et placé pour démonstration dans le groupement des producteurs de Donghel Sigon au Fouta Djallon en Guinée
- 1 laveur rotatif (type bétonnière) testé au Cirad à Montpellier
- 1 laveur rotatif (type bétonnière) testé à l'IER au Mali
- 1<sup>er</sup> prototype de dessableur *hydrolift* fabriqué par le Cirad et IMAF et testé dans l'entreprise UCODAL de Bamako (Mali)
- 2<sup>ème</sup> prototype de dessableur *hydrolift* fabriqué par le Cirad et IMAF et testé dans l'entreprise Danaya Céréales de Bamako (Mali)
- 1<sup>er</sup> dessableur *hydrolift* fabriqué par Cirad et SOLDEV et placé par le Cirad et l'IRSAT dans la petite entreprise UTF (Unité de Transformation du Fonio) de Bobo Dioulasso (Burkina Faso)
- 2<sup>ème</sup> dessableur *hydrolift* fabriqué par Cirad et SOLDEV et placé par le Cirad et le lycée technique Mamba Guirassy de Kédougou dans le GIE Koba Club de Kédougou (Sénégal Oriental).
- 1 séchoir à flux traversant CSec-T fabriqué à Dakar et placé à l'ESP-UCAD puis dans un groupement de GIE de Salémata (Sénégal Oriental).
- 2 séchoirs à flux traversant CSec-T fabriqués par SOLDEV, testés par le Cirad et l'IRSAT avec la collaboration de l'ESP-UCAD et placés dans les petites entreprises « Tout Super » de Toussiana et EOBA de Ouagadougou (Burkina Faso).
- 1 séchoir serre solaire CSec-S, fabriqué par Filclair (France) et installé puis testé, avec la collaboration du Cirad, sur le site de l'ESP-UCAD à Dakar (Sénégal)
- 1 séchoir serre solaire CSec-S, fabriqué par Filclair (France) et installé puis testé par l'ESP-UCAD dans le GIE Koba Club de Kédougou (Sénégal Oriental).
- 1 petit séchoir serre solaire CSec-S, fabriqué par Serre Tonneau (France) et installé par l'ONG Adesag avec la collaboration de l'IRAG dans le village de Pilimini en Guinée.

## **2.7. Contrat de plus de 10 000 euros**

Dans le projet la seule dépense de plus de 10 000 € a concerné l'achat d'un véhicule « pick up » par l'IRAG en Guinée en 2013. L'achat s'est déroulé conformément à la procédure en consultant 3 fournisseurs de véhicules. Les offres ont été :

- Seta Guinée : Mitsubishi L 200 DC pour un total de 32 443 euros
- Le carrefour des automobiles : Toyota Hilux pour un total de 32 750 euros
- Groupe Société de commerce : Nissan Pick up pour un total de 35 690 euros.

Le moins disant a été retenu et c'est l'achat du Mitsubishi L 200 DC à Seta Guinée qui a été réalisé.

## **2.8. Poursuite de l'action**

Les différents partenaires du projet vont chercher à maintenir des activités dans le domaine de l'après récolte du fonio. L'IRAG en Guinée dispose déjà, depuis de nombreuses années, d'un programme spécifique « fonio » au travers duquel il pourra chercher à diffuser et à valoriser les résultats obtenus tant en matière de battage et nettoyage des grains que dans le domaine du décorticage et du séchage des produits transformés. Au Sénégal, L'ESP-UCAD devrait pouvoir développer un projet pour la diffusion des séchoirs (serre solaire et flux traversant) en recherchant des financements auprès des instances nationales comme par exemple le FNRAA (Fonds National de Recherches Agricoles et Agro-alimentaires). Au Mali, l'IER/LTA qui collabore étroitement avec les PME de transformation et les groupements de producteurs devrait pouvoir participer à la diffusion des technologies de post récolte et de transformation du fonio (batteuse, nettoyeurs, décortiqueurs...) au travers du Programme de productivité agricole en Afrique de l'Ouest (WAAPP). Au Burkina Faso, l'IRSAT en collaboration avec l'ANVAR et les équipementiers (REMICO, Agri-Equipement, SOLDEV...) identifiés à l'occasion du projet Aval Fonio, devrait également pouvoir participer à la diffusion des technologies de post récolte et de transformation du fonio (décortiqueur GMBF, séchoir à flux traversant CSec-T...)

## **2.9. Aspect genre**

Dans la filière fonio, les femmes jouent un rôle très important comme productrices (quelques femmes ont leurs propres champs) et comme transformatrices ou commerçantes notamment dans les zones les plus défavorisées. La mécanisation de certaines opérations post-récolte, souvent dévolues aux femmes, facilite leur tâche quotidienne. Dans le cadre du projet Aval Fonio, la mise au point d'équipements (batteuses, nettoyeurs, décortiqueurs, laveurs, dessableurs...) qui concernent des opérations post-récolte souvent harassantes permet d'améliorer directement le bien-être et la qualité de vie des femmes. Des formations à l'utilisation des équipements ont été organisées pour des groupes de transformatrices (par ex utilisation du séchoir CSec-T). La modernisation de la filière favorise l'émergence de petites entreprises créatrices d'emplois et la création de groupements de femmes transformatrices de fonio.

## **2.10. Suivi et évaluation**

L'évaluation des performances des équipements durant leur mise au point a été réalisée par les chercheurs eux-mêmes. Lors des tests en milieu réel des matériels, le suivi a été assuré par les chercheurs et les techniciens des différents partenaires du projet. L'évaluation des équipements a alors été réalisée par les opérateurs eux-mêmes qui ont pu apprécier directement les avantages. Les opérateurs privés (producteurs, transformatrices, PME et GIE...) sont souvent très satisfaits des bonnes performances obtenues en conditions réelles d'utilisation des équipements.

## **2.11. Connaissance acquise**

Les différents partenaires ont pris conscience de l'intérêt des approches participatives aussi bien lors des enquêtes réalisées en milieu rural pour caractériser les systèmes de production et les systèmes post-récolte que pour la mise au point des équipements de post-récolte du fonio. Des équipementiers ont été formés à la fabrication des machines et des utilisateurs potentiels (transformatrices, PME et GIE...) ont été étroitement associés à l'installation des équipements et au suivi de leur fonctionnement. Cette démarche participative a permis d'avoir, en temps réel, une évaluation précise des performances des machines par les opérateurs eux-mêmes.

## **3. Partenaires et autre coopération**

---

### **3.1. Relations entre les partenaires du projet Aval Fonio**

Au cours du projet Aval Fonio, la coordination n'a pas rencontré de difficultés particulières avec les institutions partenaires pour le déroulement des activités. La coordination peut, au contraire, se féliciter de l'intérêt, du dynamisme et de l'esprit de bonne collaboration dont ont fait preuve tous les responsables des workpackages et tous les agents impliqués dans le projet. Pour les chercheurs impliqués, le projet Aval Fonio a été l'occasion de renforcer les liens déjà créés lors de précédents projets fonio (Cirad, IER, IRAG, et IRSAT), d'initier une collaboration précieuse avec l'ESP-UCAD au Sénégal et de rencontrer un chercheur du CNTA du Burundi. Le principal regret de la coordination et des partenaires, a été de ne pas avoir eu la possibilité de se rendre en Guinée, principal pays producteur de fonio, pour y rencontrer directement l'institution IRAG et les opérateurs de la filière fonio.

### **3.2. Poursuite des collaborations**

Le Cirad coopère depuis de nombreuses années avec les partenaires de l'Action et le projet Aval Fonio a permis de renforcer les collaborations fructueuses déjà tissées lors des précédents projets internationaux réalisés sur le fonio au cours de la décennie 2000. Il apparaît donc certain que ces bonnes relations entre les institutions partenaires vont être renforcées et vont pouvoir servir au montage en commun de nouveaux projets de recherche sur le fonio ou sur d'autres filières ou thématiques.

### **3.3. Relations avec les autorités étatiques dans les pays du projet**

Durant tout le projet, les principales difficultés rencontrées ont été dues aux situations sécuritaires ou sanitaires difficiles dans certains pays partenaires comme la Guinée, le Mali ou même le Burkina Faso.

La mission d'appui au CNTA, initialement prévue pour étudier dans quelles mesures les équipements mis au point pour le fonio pourraient bénéficier aux producteurs d'éleusine a notamment dû être abandonnée en raison des problèmes de sécurité au Burundi.

### **3.4. Relations avec toute autre organisation impliquée dans la mise en œuvre du projet**

- **Associés**

Le Centre National de Technologie Agroalimentaire (CNTA) au Burundi. En 2013, un spécialiste en technologies post-récolte du CNTA, M. Ntahomvukiye Stany, a participé à la réunion de démarrage du projet Aval Fonio et à l'atelier du WP2. Ce chercheur a également participé à la réunion annuelle 2014 du projet à Montpellier (France) et à la réunion annuelle 2015 à Ouagadougou (Burkina Faso). Une mission d'étude au Burundi avait été prévue par le Cirad (J-F Cruz) en 2015 ou 2016 pour faire le point sur la filière éleusine en collaboration avec le CNTA. Mais en raison de l'insécurité grandissante qui règne dans ce pays depuis début 2015, cette mission a plusieurs fois été reportée pour finir par être annulée.

L'Institut des Régions Chaudes (IRC-SupAgro) de Montpellier (France) a collaboré étroitement aux activités du WP4 en partenariat avec l'IRSAT et le Cirad. L'IRC SupAgro a notamment participé à l'encadrement scientifique et pédagogique d'une étudiante qui a réalisé un stage de plus de 5 mois au Burkina Faso en 2013.

- **Bénéficiaires finaux et groupes cibles**

De très nombreux partenaires privés ont été associés au projet et notamment des producteurs, des transformateurs et des associations de femmes regroupées en GIE, des équipementiers ...

En Guinée, ce sont davantage les producteurs de fonio qui ont été associés dès le début du projet Aval Fonio car les activités du WP1 concernent l'amont de la filière. Un intérêt particulier a été porté au village de Donghel Sigon au Fouta Djallon (préfecture de Mali) où les producteurs disposent de deux grands domaines de 170 ha et 250 ha aujourd'hui consacrés à la culture du fonio. Dans le cadre du WP2, un atelier mécanique de Labé (M. Thierno Bela) a étroitement participé aux modifications apportées à certains équipements. Enfin un groupement de femmes du village de Pilimini au Fouta Djallon (préfecture de Koubia) a bénéficié de l'installation d'un séchoir serre CSec-S de petite dimension.

Au Sénégal, ce sont des associations de femmes transformatrices, regroupées en GIE, qui ont étroitement collaboré au projet en participant d'une part aux essais du séchoir à flux traversant CSec-T (GIE de Salémata) et d'autre part à l'installation et au suivi du séchoir serre solaire CSec-S et du dessableur hydrolift (GIE *Koba Club* de Kédougou). Le lycée technique *Mamba Guirassy* de Kédougou a également participé au montage final du dessableur hydrolift.

Au Mali, comme lors des précédents projets fonio, une collaboration très étroite a été établie avec l'équipementier *IMAF* qui a participé aux activités dès le début du projet. Les actions conjointes ont notamment portées sur la fabrication ou la modification des nombreux équipements ou prototypes testés dans le cadre du projet : motofaucheuse, batteuse type Ricefan, canal de vannage, crible rotatif, prototypes de dessableurs « hydrolift ». D'autres équipementiers ont également pu participer à certaines activités comme *MOD Engineering* ou l'artisan *Nana Philémon*. Plusieurs PME de Bamako ont également participé étroitement aux différents tests réalisés en milieu réel. Il s'agit notamment de *UCODAL*, *Danaya Céréales* ou encore *Dado Production*. Ces PME sont les trois entreprises leaders de la transformation du fonio au Mali Bamako (voir § 2.2.4).

Au Burkina Faso, plus d'une vingtaine d'ateliers de construction mécanique ont été rencontrés à Bobo Dioulasso et Ouagadougou lors d'enquêtes réalisées dans le cadre du WP4. Une collaboration très étroite a été établie avec les équipementiers SOLDEV et A. Souaré de Bobo Dioulasso pour la fabrication de séchoirs CSec-T et la réalisation partielle et le montage du dessableur hydrolift. Une collaboration particulière a également été établie avec l'entreprise UTF (Unité de Transformation du Fonio) nouvellement installée à Bobo Dioulasso et qui a accueilli l'installation du dessableur hydrolift et a investi dans un séchoir à flux traversant CSec-T. Une quinzaine de transformatrices et transformateurs de fonio de l'Ouest du Burkina Faso et de Ouagadougou a bénéficié d'une session de formation à l'utilisation du séchoir CSec-T. Deux PME, « *Tout Super* » à Toussiana et *EOBA* à Ouagadougou, ont été sélectionnées pour recevoir des séchoirs CSec-T en raison de leur collaboration très ancienne avec les chercheurs qui œuvrent, depuis le début des années 2000, à l'amélioration de la filière fonio en Afrique de l'Ouest.

- **Autres tiers impliqués (ONG, etc.)**

Dans le cadre des activités du projet Aval Fonio et notamment pour les WP3 et WP4, les chercheurs ont collaboré étroitement avec des ONG comme au Burkina Faso avec l'ONG Afrique Verte, Aprossa (*Association pour la Promotion de la Sécurité et de la Souveraineté Alimentaires au Burkina*), au Mali avec l'ONG Afrique Verte, Amassa (*Association Malienne pour la Sécurité et la Souveraineté Alimentaire*) et en Guinée avec l'ONG ADESAG (*Association pour le développement de l'Entrepreneuriat Solidaire en Afrique et en Guinée*).

### **3.5. Liens avec d'autres actions**

Dans le cadre d'un chantier d'établissement le Cirad développe une méthode intitulée ImpresS qui vise à évaluer la contribution de la Recherche au Développement au travers d'études de cas d'innovations situées dans des environnements multi-acteurs. Lors de ce programme, deux chercheurs du projet Aval Fonio (Ignace Medah de l'IRSAT et Thierry Ferré du Cirad) ont pu bénéficier d'un appui méthodologique et d'une formation en participant à deux écoles-chercheurs. C'est en s'appuyant sur cette méthodologie ImpresS que l'équipe du WP4 du projet Aval Fonio a pu analyser le processus d'innovation et les impacts de l'innovation décortiqueur à fonio GMBF.

Par ailleurs, les ONG Afrique Verte Aprossa (Burkina Faso) et Afrique Verte Amassa (Mali) ont également bénéficié de l'apport de cette méthodologie ImpresS et ont ainsi pu contribuer à la réalisation de l'étude de cas du décortiqueur GMBF dans le cadre du projet Aval Fonio. Les enseignements tirés de cette étude de cas d'innovation ont fortement contribué à l'amélioration des pratiques d'accompagnement à la diffusion des innovations «dessableur hydrolift » et «séchoir CSec-T».

### **3.6. Précédente subvention de l'UE**

De 2006 à 2008, le Cirad est ses partenaires (IER au Mali, IRAG en Guinée, CIRDES au Burkina Faso) ENDA-Graf au Sénégal, Université de Wageningen aux Pays Bas et CRAW en Belgique) ont bénéficié d'une contribution de 900 000 euros dans le cadre du programme FP6 - INCO-Dev-2 pour réaliser un projet intitulé «*Amélioration de la qualité et de la compétitivité de la filière fonio en Afrique de l'Ouest* ».

Ce projet INCO Fonio a permis de travailler sur l'ensemble de la filière fonio et particulièrement sur les points suivants :

- caractéristiques physiques du fonio et critères de qualité du fonio précuit pour les marchés locaux et l'exportation,
- première approche sur l'amélioration des équipements de séchage du fonio,
- détermination de la valeur nutritive fonio et contribution au statut alimentaire et nutritionnel,
- détermination des caractéristiques de la demande de produits innovants africains et des marchés d'exportation,
- typologie des PME transformatrices de fonio et systèmes d'approvisionnement
- caractérisation de l'environnement socio-technique et des stratégies des producteurs de fonio,
- catalogue de quelques écotypes de fonio.

Le projet Aval Fonio s'est inscrit dans la continuité de ce projet international INCO Fonio en se référant à ses conclusions qui recommandaient de développer de nouvelles recherches sur des thématiques non encore traitées ou des technologies non encore abouties. C'est précisément ce qu'a réussi à réaliser, en partie, le projet Aval Fonio.

### 3.7. Coopération avec l'autorité contractante

Au cours du projet Aval Fonio, la coordination n'a pas rencontré de difficultés particulières avec l'autorité contractante pour la mise à disposition des fonds nécessaire au bon déroulement des activités. La coordination reconnaît la sollicitude dont a fait preuve cette autorité pour prolonger le projet de 6 mois et permettre ainsi à de nombreuses activités de produire des résultats concrets (validation d'équipements performants comme le dessableur « hydrolift » et les séchoirs à flux traversant et serre solaire).

## 4. Visibilité

Le document de projet fait référence à différentes actions planifiées pour assurer la visibilité de la contribution de l'Union Africaine et de l'Union Européenne au projet Aval Fonio.

### 4.1. Site internet du projet Aval Fonio

Le site internet (en français et en anglais) consacré au projet Aval Fonio (<http://aval-fonio.cirad.fr/projet/presentation>) fait référence au financement accordé par l'Union Africaine (procédure EuropeAid) et des liens sont créés vers ces Institutions.



Figure 56. Vue du site internet Aval Fonio (© Cruz, Cirad)

## 4.2. Participation à des congrès internationaux

- **Congrès International des Systèmes agroalimentaires localisés (SYAL). Florianopolis (Brésil)**

Deux chercheurs du Cirad (Cruz J-F. et Ferré T.) ont participé au 6ème Congrès International des Systèmes agroalimentaires localisés (SYAL) qui s'est déroulé à Florianopolis au Brésil en mai 2013. Ils y ont présenté un poster qui fait référence au projet Aval Fonio :

*Poster*

Cruz J-F, Ferré T., Medah I., Goli T. 2013. Valorisation d'une céréale africaine: le fonio (*Digitaria exilis* Stapf). Cirad, Irsat, Syal. Congrès International des Systèmes agroalimentaires localisés (SYAL), Florianopolis, Brésil

- **Forum « Origine, Diversité et Territoires ». Turin (Italie)**

Des chercheurs du projet Aval Fonio ont participé au Forum « Origine, Diversité et Territoires » (<http://origin-for-sustainability.org/en/>) qui s'est déroulé à Turin (Italie) en octobre 2014. Le Cirad (T. Ferré) et l'ESP-UCAD (F. Kébé) y ont présenté les activités du projet Aval Fonio.

- **Forum international FINNOVAR . Dakar (Sénégal)**

Des chercheurs de l'ESP-UCAD (F. Kébé et M. Cissé) et le Cirad (Mlle S. Gaucher) ont participé au Forum International sur la promotion des innovations et des partenariats dans le secteur agro-alimentaire et des agro-ressources (FINNOVAR) qui s'est déroulé à Dakar (Sénégal) en juillet 2014.

*Poster*

Cruz J.-F., Kébé C. M., Cissé M., Sambou V., Béavogui F., Diallo T. A., Goli T., Thauay P., Ferré T., Medah I., Guindo F., Soufountera M. 2014. Valorisation du fonio. Cirad, ESP/UCAD, Irag, Irsat, IER/LTA. Forum International sur la promotion des innovations et des partenariats dans le secteur agro-alimentaire et des agro-ressources (FINNOVAR), Dakar, Sénégal.

- **Congrès international AFTER. Dakar (Sénégal)**

Des chercheurs du projet Aval Fonio du Cirad (T. Goli) et de l'ESP-UCAD (F. Kébé F. et M. Cissé) ont participé au premier congrès international sur la Valorisation des aliments traditionnels africains (Projet AFTER) organisé à Dakar (Sénégal) en novembre 2014. A cette occasion deux communications sous la forme de posters ont été présentées :

Cruz J.-F., Kébé C. M. F., Goli T., Diallo T. A., Guindo F., Medah I., Ferré T., Thauay P., Béavogui F., Sambou V., Cissé M., Soufountera M. 2014. Mécanisation post-récolte du fonio. Cirad, ESP/UCAD, Irag, IER/LTA, Irsat. Congrès international sur la Valorisation des aliments traditionnels africains, Projet AFTER, novembre 2014. Dakar, Sénégal.

Goli T., Thauay P., Ricci J., Prades A., Bore F.G., Babre D., Van de Lee A. et Cruz J.-F. 2014. Procédés de dessablage du fonio : détermination de la teneur en sable. Congrès international sur la Valorisation des aliments traditionnels africains. Projet AFTER, novembre 2014, Dakar, Sénégal.

## 4.3. Publication et réalisation

En 2011, un ouvrage intitulé « Le fonio, une céréale africaine » a été publié par les éditions QUAE. Ce document, premier ouvrage exclusivement consacré au fonio, aborde tous les aspects de cette petite céréale, de la culture à la transformation. En juillet 2016, c'est la version anglaise intitulée «Fonio, an African cereal » qui a été publiée (Editions Cirad, IRAG). Cet ouvrage est la synthèse d'une vingtaine d'années de recherches réalisées, en Afrique de l'Ouest, dans le cadre de différents projets internationaux dont le projet Aval Fonio (voir § 2.2.5, figure 53).

*Référence* : Cruz J-F, Béavogui F., Dramé D., Diallo T.A. 2016. *Fonio, an African cereal*. Editions Cirad/IRAG, Montpellier, France, 153 p.

Un petit film de présentation du fonio a été produit

*Référence* : Morlet N., avec la collaboration de Cruz J-F., Fonio, 2016.

## 4.4. Accueil de visiteurs sur la plateforme agroalimentaire du Cirad

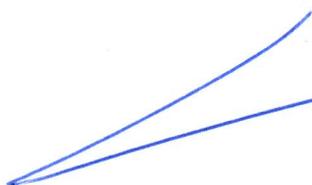
La plateforme agroalimentaire du Cirad accueille tout au long de l'année de nombreux visiteurs et participe à la Fête de la Science organisé en France. A chaque manifestation, le coordonnateur du Projet Aval Fonio (Cruz J-F.) présente à plusieurs dizaines de visiteurs le thème « Riz et fonio dans tous leurs états » dans lequel les recherches en technologies post-récolte du fonio sont largement exposées et où il est précisément fait référence au projet Aval Fonio.

**La Commission européenne pourrait souhaiter publier les résultats des Actions. Auriez-vous des objections à la publication de ce rapport sur le site Internet d'EuropeAid ?**

Pas d'objections

Nom de la personne de contact pour le projet Aval Fonio : CRUZ Jean-François

**Signature:**



~~CIRAD - Département Persyst~~  
CIRAD - Persyst  
Umr Qualisud  
73 Rue J.F. Breton  
TA B-95/15  
34398 Montpellier Cedex 5  
France  
UMR QUALISUD

**Localité:**

Cirad, Département Persyst, UMR Qualisud  
73, rue J.F. Breton  
TA-B-95/16  
34398 Montpellier Cedex 5  
France

Date à laquelle le rapport est dû: Décembre 2016

Date d'envoi du rapport: Octobre 2016.





**CENTRE DE COOPERATION INTERNATIONALE EN RECHERCHE AGRONOMIQUE POUR LE DEVELOPPEMENT**

**Département Persyst, UMR QualiSud**

TA B-95/16, 73 rue Jean François Breton,  
34398 Montpellier Cedex 5, France

Coordonnateur général du projet : **CRUZ Jean-François**



**INSTITUT DE RECHERCHE AGRONOMIQUE DE GUINEE**

B.P. 576 - Conakry - GUINEE

Coordonnateur national du projet: **BEAVOGUI Famoï**



**INSTITUT D'ECONOMIE RURALE**

**Laboratoire de Technologie Alimentaire**

B.P. 258 - Bamako – MALI

Coordinatrice nationale du projet: **Mme BORE Fanta GUINDO**



**INSTITUT DE RECHERCHES EN SCIENCES APPLIQUEES ET TECHNOLOGIES**

**Département Mécanisation**

BP 7047 – Ouagadougou – BURKINA FASO

Coordonnateur national du projet : **MEDAH Ignace**



**ECOLE SUPERIEURE POLYTECHNIQUE**

**UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP**

Dakar Fann - SENEGAL

Coordonnateur national du projet: **KEBE Cheikh Mouhamed Fadel**