



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

DEMBA DIAKHATE

**IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE CULTURA E  
ADAPTAÇÃO DE UMA SEMEADORA PARA O PLANTIO  
DIRETO AS CONDIÇÕES DO SENEGAL**

DEMBA DIAKHATE

**IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE CULTURA E  
ADAPTAÇÃO DE UMA SEMEADORA PARA O PLANTIO  
DIRETO AS CONDIÇÕES DO SENEGAL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Estadual de Londrina, como um dos requisitos para obtenção de título de Doutor em Agronomia, na área de Manejo Sustentável e Engenharia Agrícola com foco na Mecanização Agrícola Conservacionista.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Ralisch

Coorientador: Dr. Dimas Soares Júnior

Londrina  
2018

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Diakhate, Demba.

Implantação de um sistema de cultura e adaptação de uma semeadora para o plantio direto às condições do Senegal / Demba Diakhate. - Londrina, 2018.  
226 f. : il.

Orientador: Ricardo Ralisch.

Coorientador: Dimas Soares Júnior.

Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2018.

Inclui bibliografia.

1. Plantio direto - Senegal - Tese. 2. Mecanização agrícola - Senegal - Tese. 3. Solos - Conservação - Senegal - Tese. 4. Sistemas agrícolas - Senegal - Tese. I. Ralisch, Ricardo. II. Soares Júnior, Dimas. III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

DEMBA DIAKHATE

**IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE CULTURA E ADAPTAÇÃO DE  
UMA SEMEADORA PARA O PLANTIO DIRETO AS CONDIÇÕES DO  
SENEGAL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Estadual de Londrina, como um dos requisitos para obtenção de título de Doutor em Agronomia, na área de Manejo Sustentável e Engenharia Agrícola com foco na Mecanização Agrícola Conservacionista.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Ralisch  
Universidade Estadual de Londrina – UEL

---

Dr. Dimas Soares Júnior  
Instituto Agrônômico do Paraná – IAPAR

---

Dr. Jean-Louis Chopart  
Ager Consultoria Agrônômica – Agerconsult

---

Prof. Dr. Valter Harrys Bumbieris Júnior  
Universidade Estadual de Londrina – UEL

---

Profa. Dra. Cristiane de Conti Medina  
Universidade Estadual de Londrina – UEL

---

Profa. Dra. Sandra Galbeiro  
Universidade Estadual de Londrina – UEL

---

Prof. Dr. João Tavares Filho  
Universidade Estadual de Londrina – UEL

---

Prof. Dr. Pedro Rodolfo Siqueira Vendrame  
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Londrina, 8 de fevereiro de 2018.

**AL KHAMDOULILA GLOIRE A ALLAH LE TOUT PUISSANT ET A SON  
PROPHETE MOUHAMED (PSL)**

Je dédie ce travail à tous les membres de ma famille (**DIAKHATE, BA, CISSOKHO, GUEYE, DIOUF, CISSE**) et à mes amis (**Madiaw Faye, Bassirou Ndiaye, AT Bâ, Babacar Cissé, Magatte Dia, Sidy Lamine Diarra, Daouda Dia, Aris Badji, Djibril Diouf, Doudou Gaye, Emilie Yalamane Diouf, Ousmane Ndiaye Hamo 5, Abdou khadre Sow, Baye Cheikh Fall**) qui n'ont jamais cessé de m'encourager à toujours aller de l'avant et à persévérer dans le travail.

Ce travail est le fruit de durs sacrifices consentis par ma mère (**Anna Fatime Bâ**) qui malgré l'absence de notre regretté père (**Feu Abdoulaye DIAKHATE**) arrachait à nous très tôt à toujours su garder la tête haute en nous inculquant une bonne éducation qui nous a permis d'arriver à ce stade. Je vous dis merci mère et que le bon dieu vous garde sur cette terre le plus longtemps possible afin de vous savourer le fruit de vos sacrifices.

Ce travail est le fruit aussi de ma douce et tendre femme (**Ndèye Socé Cissokho**) qui a toujours su me comprendre et m'accompagner dans mes travaux de recherche malgré mes multiples absences du foyer. Tu n'as pas abdiqué aux joies de cette vie malgré les possibles agressions venant de partout. Tu as su se tenir droit et à gérer le foyer en donnant une bonne éducation à nos enfants (**Astou, Magatte, Abdoulaye Ndiéguène et Mamadou**). Je prie que le bon dieu puisse donner une très longue vie à notre couple et à notre famille afin que nous puissions offrir à nos enfants une très bonne éducation qui leur permettra de prendre le flambeau et à relever le défi et à même dépasser le niveau d'études de leur parent Amine.

**A mon défunt Père Abdoulaye Diakhate qui n'est plus de ce monde**

**Longue vie à ma très chère mère**

**Et que Allah nous protège et nous accorde tous une très longue vie amine**

**“ ETRE UN VRAI SCIENTIFIQUE EST UN DUR CHOIX,**

**IL FAUT L'OPTER ET LE RESTER AFIN DE SERVIR SA COMMUNAUTE “**

## REMERCIEMENTS

Ce travail a été financé par le Programme de Productivité Agricole en Afrique de l'Ouest PPAAO ou WAAPP en Anglais en collaboration avec l'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA) et l'Université Estadual de Londrina au Brésil.

Je tiens tout d'abord à remercier Dr Ndiaga CISSE, Directeur du CERAAS, sans qui cette thèse n'aurait pas eu lieu. Vous m'avez appuyé financièrement, moralement et intellectuellement tout au long de ce travail. Vous m'avez fait confiance en me facilitant mon travail de Gestionnaire de Station de recherches agronomiques au CNRA de Bambey où vous étiez le Directeur. Sans votre compréhension et soutien sans faille je ne pourrai pas assumer ou réussir cette responsabilité de gestionnaire de station qui n'est pas dit tout essai et ce qui a positivement contribué à ma carrière professionnelle au sein de l'ISRA. Soyez remerciés pour cela.

Je saisis aussi cette occasion pour adresser mes vifs remerciements à la Rectrice de l'Université Estadual de Londrina (UEL) du Brésil Prof<sup>ra</sup>. Dr<sup>a</sup>. Berenice Quinzani Jordão d'avoir autorisé mon inscription au sein de cette prestigieuse Université de renommée Internationale qu'est la UEL. Je vous témoigne de ma profonde gratitude.

Dans cette même mouvance, je tiens à remercier Dr Alioune Fall, Directeur Général de l'ISRA d'avoir cru en moi en me recrutant tout d'abord comme Ingénieur d'étude avec le poste de responsabilité de gestionnaire de station de recherche agronomique au CNRA de Bambey, aussi de m'avoir autorisé à effectuer mon doctorant de machinisme agricole au Brésil et enfin d'avoir participé activement à l'encadrement de ma thèse malgré son emploi du temps trop chargé. Je vous dis merci pour la confiance que vous avez eu à mon égard.

Je tiens à remercier mon Directeur de thèse Prof. Dr Ricardo Ralisch qui m'a accepté dans son programme tout en me facilitant mon inscription à la UEL malgré mon handicap en Portugais qui est une langue d'emprunt et dont qu'il fallait coûte que coûte maîtriser afin de mener à bout mon travail de thèse au Brésil. Et aussi qu'il m'a suivi dans ce travail du début à la fin sur tous les plans (élaboration des questionnaires, orientation, suggestion et correction) afin de mener à bien ce travail. Je vous témoigne toute ma reconnaissance pour votre générosité.

Je tiens à remercier Dr Dimas Soares, chercheur au département socio-économique de l'Institut Agronomique de l'Etat du Parana au Brésil (IAPAR) d'avoir accepté de co-encadrer ce travail. Je lui remercie également pour sa grande disponibilité et ses conseils pour la bonne réalisation de ce travail. Je ne vous remercierai jamais assez.

Je remercie les membres du jury, Profa. Dra. Cristiane de Conti Medina, UEL Agronomie, Profa. Sandra Galbeiro et Prof. Dr. Valter Harrys Bumbieris Jr., UEL Zootechnie et Prof. Dr. Pedro S. Vendrame, UEL Geo d'avoir accepté d'évaluer ce travail de thèse.

J'adresse mes vifs remerciements à Dr Jean Louis Chopart pour sa générosité, sa disponibilité et son appui constat à la réussite de cette thèse. En effet, il m'a gratuitement analysé mes données sur les racines de *Brachiaria* avec son logiciel racine 2.1 afin que je puisse avancer dans mon travail. Je lui remercie pour sa générosité.

A l'ensemble du corps professoral de l'Université Estadual de Londrina (UEL) Brésil, je veux nommer Dra Maria de Fátima Guimarães, Dr Pedro Manual O. J. Neves, Dr Claudemir Zucareli, Dr João Tavares, Dra Inês Cristina de Batista Fonseca, Dr Cássio Egidio Cavenaghi Prete, Dr Marcelo Augusto de Aguiar e Silva, Dra Carmen Neves, Dra Lúcia Sadayo Assari Takahashi, Dr Otávio Jorge Grigoli Abi Saab pour les connaissances transmises et que j'en suis sûr vont beaucoup apporter à mon pays, le Sénégal. Je vous témoigne pour cela ma profonde gratitude.

A toutes ces personnes qui m'ont facilité ma recherche bibliographique sur le semis direct sous couvert végétal permanent (SDCVP) au Brésil en me fournissant tous les renseignements nécessaires à la bonne compréhension de mon sujet. Je veux nommer Mr Ingbert Döwich (Consultant spécialisé en semis direct sous couvert végétal, fertilité des sols et mécanisation agricole), Prof. Dr. Antonio Lilles Tavares Machado de l'Université de Pelotas du département de mécanisation de l'agriculture, Dr Denizart Bolonhezi de l'Instituto Agronômico de Campinas (IAC) et Mr Alfonso Sleutjes de la Fédération Brésilienne de Semis Direct Sous Couvert Végétal. Soyez remerciés pour cela.

Je tiens à remercier Mr. Michel Havard du CIRAD, un passionné de la science, qui m'a encouragé et assisté tout au long de ce travail, tout en me prévenant de la difficulté du travail que j'entreprenais. Je lui remercie sincèrement pour cela.

Dans la même lancée, je tiens à remercier du fond du cœur Dr Bertrand Muller du CIRAD de m'avoir initié dans la recherche agronomique en tant que gestionnaire de la station de l'ISRA Nioro du Rip et ingénieur d'études pour le suivi de ces essais agronomiques de riz de plateau et de maïs implantés à Nioro et Darou Pakathiaré. Où j'ai eu la chance de travailler avec ces thésards dans la conception de dispositif expérimental, le suivi des observations agronomiques, les mesures, le suivi, le paiement de la main d'œuvre temporaire et les opérations de récoltes et post-récoltes. Je vous dis merci cher Bertrand (l'ami de tout le monde) car vous m'avez donné l'amour de la recherche.

Je tiens aussi à remercier tous mes professeurs de machinisme agricole du JICA/Tsukuba au Japon pour la qualité des enseignements reçus. Je veux nommer : Mr Tadashi Watahiki (coordinateur du programme mécanisation), Dr Hai Sakurai (Enseignement), Dr Otsuka Kanji (Enseignement) et à tout le personnel du JICA Sénégal et du JICA Tsukuba.

Je ne saurais oublier :

Mes professeurs de l'ENSA Thiés en particulier ceux du Département du Génie Rural Mr Magatte Wade, Dr Alioune Diagne, Mr Daouda Sow qui grâce à leurs riches enseignements; j'ai pu gravir les niveaux jusqu'à atteindre ce niveau. Je tiens à vous remercier pour cela.

Mes Papa Moussa Ndoye et Mame Khémess Thiaw, collègues et amis de mon défunt Papa feu Abdoulaye Diakhaté arraché à nous très tôt, ont toujours su jouer le rôle de Papa de par leurs présences, soutiens et conseils. C'est pourquoi, je n'ai jamais senti le vide causé par la disparition de mon père feu Abdoulaye Diakhaté car j'avais des Papas au sein de l'ISRA. Je vous dédie aussi ce travail mes très chers Papas.

A mon Directeur de Centre, Dr Mbaye Diop, Chef du Centre National de Recherches Agronomiques (CNRA) de Bambey, pour avoir mis à ma disposition les moyens financiers et logistiques nécessaires au bon déroulement de mes activités de thèse. Merci Directeur.

A mes Doyens et grands frères de l'ENSA et de l'ISRA/CNRA de Bambey, je veux nommer Dr Tanor Ndao et à Dr Ibrahima Sarr, qui m'ont adopté très tôt comme leur petit frère au sein de l'ISRA/CNRA-Bambey en m'appuyant et en m'encadrant dans toutes mes activités menées dans la gestion des stations et dans les études de recherche. Merci chers anciens.

Je tiens à remercier toute l'équipe de recherche du CNRA de Bambey pour leurs soutiens, leurs contributions et pour leurs encouragements à la réussite de ce travail. Je vous dis merci.

A mes doyens dans le domaine du machinisme agricole au Sénégal, je veux nommer Dr Hyacinthe Mbengue (Ancien chef du département du machinisme agricole et de technologie post récolte au CNRA de Bambey et actuel Directeur du PROMER de Tambacounda) et Mr Malick Mbodj (Technicien en post-récolte au CNRA de Bambey) pour leurs participations actives à la réussite de ce travail. Je vous témoigne ma profonde gratitude.

Je voudrais exprimer ma gratitude envers mes techniciens Djibril Ndour, Dame Ndiaye, Daouda Diouf, Pa Aliou Faye, Cheikh Kébé, Sathialy Ndour, Niokhor Ly, Abdou Mbow et plus particulièrement à Pa Moussa Diop, un homme plein de sagesse qui malgré son âge avancé et ses nombreuses charges m'a accompagné, a participé activement dans mes travaux de recherche même durant les fins de semaine ou même lors des fêtes et a su manager toute l'équipe et ce qui s'est répercuté dans la qualité de nos résultats de travail. Pour ça je vous dis merci mais aussi je n'oublierai pas de dire un grand merci à tous ces ouvriers qui ont eu à

travailler avec nous durant ces deux années d'expérimentation agronomique au niveau de l'ISRA Nioro du Rip.

Je remercie pour leurs contributions à la réussite de ce travail, toutes ces personnes : les chefs d'exploitation agricole du Sud du Bassin Arachidier, les chefs d'atelier du Sud du Bassin Arachidier, les DRDR du Sud du Bassin Arachidier, l'ONG SYMBIOSE de Nioro du Rip, le Préfet de Nioro du Rip, les collègues de l'ISRA Nioro du Rip, Mr Fallou Thiam et à sa famille à Taïba Niassène dans la région de Kaolack et Mr Oumar Diagne et à sa famille à Kaolack.

Je tiens à remercier mes collègues Thésard du Sénégal et du Brésil : Dr. Paul Martial Kouakou, Mr. Désiré et Mr. Malick Ndiaye, Tatiane Lobak, Fabiono Griesang, Wagner Teigi Igarashi, Fernando Teruhiko Hata, Odair Pais Dos Santos, André Prechlak, José Bazzo, Thadeu Rodrigues de Melo, William Caldart Pereira, Brenda Cristye Tonon Debiasi, Muhammad Shahab, Ana Bya Suzuki, Hussain Ibrar, Wesley Machado, pour les échanges de connaissances et les partages d'idées.

Tout le personnel de l'ISRA/Bambey et du CERAAS et plus particulièrement à Madame Mariama Senghor (assistante de Direction), à Mr. Diack (Chef comptable), à Mr Mao (Chef Administratif), à Mr Médoune Ndiaye (Chef Administratif), à Mr Barry (Chef comptable), à Madame Rosalie Diouf (Bibliothécaire) et les autres que je ne pourrais pas citer car la liste est longue pour leurs soutiens morales, matériels et intellectuels durant ma thèse. Vos apports m'ont donné le courage d'aller jusqu' au bout. Soyez remerciés pour cela.

A toutes ces personnes qui ont participé activement à la réussite de ce travail et que je n'ai pas pu les citer, je témoigne une profonde gratitude.

Merci à tous !

DIAKHATE, Demba. **Implantação de um sistema de cultura e adaptação de uma semeadora para o plantio direto as condições do Senegal**. 2018. 226 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2018.

## RESUMO

Propõe-se com esta tese ampliar as discussões sobre as alternativas técnicas que propiciem a intensificação da agricultura na região oeste da África, mas que respeite as características naturais, econômicas e sociais dos diferentes países. A simples introdução de tecnologias já se mostrou insuficiente para promover esta intensificação. Portanto esta tese se propõe a empregar uma região como área de estudo, reconhecer suas características e propor alternativas. Como tal, atua em diversas áreas do conhecimento, o que tornou seu trabalho complexo. A região escolhida foi a bacia sul de amendoim do Senegal, por conviver com uma já acentuada degradação do solo e possuir uma atividade agrícola consolidada. Partiu-se da proposta de se adequar os conceitos já amplamente aceitos da Agricultura Conservacionista e do Sistema Plantio Direto, sua base conceitual, para esta realidade e verificar quais pontos de seus pilares devem ser fomentados. Para tanto, realizou-se um levantamento das características climáticas e fundiárias da região, se identificaram os aspectos que tornam o solo vulnerável à degradação, fez-se um ensaio para testar algumas alternativas culturais para reduzir estas vulnerabilidades, desenvolveu-se um protótipo de uma semeadora local para atender a esta nova situação e avaliou-se a capacidade dos diferentes setores da sociedade envolvidos em incorporar as inovações sugeridas. A tese é apresentada em cinco diferentes artigos: i) A adoção de uma semeadora direta em área com cobertura vegetal permanente na bacia sul do amendoim; ii) O Sistema Plantio Direto com cobertura permanente do solo é possível na bacia sul de amendoim do Senegal? iii) Capacidade técnica dos mecânicos de oficinas artesanais de fabricação de uma semeadora para Sistema Plantio Direto com cobertura permanente do solo; iv) Concepção de um protótipo de semeadora para Sistema Plantio Direto com cobertura permanente do solo; v) Comportamento agrônomico de três espécies de *Brachiaria spp* em clima tropical seco. Os resultados obtidos constataram que a degradação do solo se acentua por perder toda sua cobertura durante boa parte do ano, dificultado pelo clima com estação seca bem marcada com 8 meses por ano e pelos hábitos da população de retirada destes restos culturais para alimentação dos animais ou para facilitar a próxima semeadura. Há ainda o contexto da transumância que permite com que o gado bovino pastoreie livremente por toda a região, com os animais se alimentando destes restos culturais. Constatou-se também que os agricultores têm interesse em capacidade em adotar inovações, como culturas consorciadas visando o aumento da cobertura vegetal, e que parte dos mecânicos de oficinas artesanais tem condições de realizarem as adaptações nas semeadoras e a fabricação de novas semeadoras. Observou-se ainda a possibilidade de introdução de modificações numa semeadora local a tração animal para adapta-la a semear com cobertura permanente do solo, sendo sua demanda suplementar de potência adequada à disponibilidade. Por fim constatou-se que três espécies de Brachiárias testadas em consórcio com o milho durante duas safras para promoverem cobertura permanente do solo e alimentação animal durante a estação seca, não se mostraram eficientes, devendo-se buscar outras alternativas.

**Palavras-chave:** Artesãos. Biomassa. Culturas associadas. Densidade radicular. Plantas de cobertura. Produtores. Semeadura direta. Taxa de exploração radicular. Tipologia.

DIAKHATE, Demba. **Implantation d'un système de culture et adaptation d'un semoir pour le semis direct aux conditions du Sénégal.** 2018. 226 p. Thèse (Docteur en Agronomie) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2018.

## RESUME

Cette thèse propose d'élargir les discussions sur les alternatives techniques qui favorisent l'intensification de l'agriculture en Afrique de l'Ouest, mais qui respecte les caractéristiques naturelles, économiques et sociales des différents pays. La simple introduction de technologies s'est révélée insuffisante pour promouvoir cette intensification. Par conséquent, cette thèse propose d'utiliser une région comme zone d'étude, de reconnaître ses caractéristiques et de proposer des alternatives. À ce titre, plusieurs domaines de connaissances ont été utilisés dans cette thèse d'où la complexifié du travail. La région choisie était le sud du bassin arachidier du Sénégal où coexistent une dégradation des sols déjà prononcée et une activité agricole consolidée. L'idée de départ de la thèse était de proposer une adaptation des concepts du système de semis direct sous couvert permanent déjà largement acceptés à l'agriculture conventionnelle basée sur la conservation du système de labour, une base conceptuelle de cette réalité et de voir quels sont les points de ses piliers qui doivent être encouragés ? Par conséquent, nous avons réalisé une enquête sur les caractéristiques pédoclimatiques de la région et sur les pratiques culturelles exercées par les chefs d'exploitation agricole afin d'identifier les aspects qui favorisent la dégradation des sols. Il fallait tester des alternatives culturelles pour réduire ces vulnérabilités. De ce fait un prototype de semoir local a été créé pour prendre en compte cette nouvelle situation puis une évaluation de la capacité technique des artisans à appréhender la technologie du semis direct sous couvert végétal permanent a été effectuée. La thèse est présentée dans cinq articles différents : i) L'adoption d'un semoir direct dans une zone avec une couverture végétale permanente dans le sud du bassin arachidier ; ii) Le système de semis direct sous couvert végétal permanent du sol est-il possible dans le sud du bassin arachidier du Sénégal ? iii) Evaluation de la capacité technique des artisans à la fabrication du semoir de semis direct sous couvert végétal permanent ; iv) Adaptation d'un prototype d'un semoir de semis direct sous couvert végétal permanent à traction animale avec le concours d'un artisan ; v) Comportement agronomique de trois espèces de *brachiaria* en climat tropical sec. Les résultats obtenus ont montré que les pratiques culturelles exercées par la majorité des chefs d'exploitation (retrait systématique des résidus et la mécanisation de la culture de l'arachide) combinées avec à l'effet du climat avec une longue saison sèche marquée contribuent à l'accélération de la dégradation des sols. Il y a aussi le contexte de la transhumance faisant du bétail librement dans toute la région, avec des animaux se nourrissant de ces restes de cultures. L'intéressement des agricultures à cette innovation peut permettre d'augmenter la couverture végétale surtout avec les cultures associées déjà pratiquées. Cette partie de l'évaluation de la capacité technique des artisans est de voir s'ils sont capables d'effectuer les adaptations dans les semoirs et dans la fabrication de nouveaux semoirs. Il s'agit de voir la possibilité de l'introduction des modifications dans un semoir local à la traction animale pour l'adapter au semis direct sous couvert végétal permanent afin d'utiliser le gain de puissance pour le repos de l'animal. Trois espèces de *brachiaria* ont été testées en association avec du mil pendant deux années d'expérimentation afin de promouvoir l'alimentation permanente du sol et des animaux pendant la saison sèche mais qui n'étaient pas efficaces et que d'autres alternatives devraient être recherchées.

**Mots-clés:** Artisans. Cultures associées. Biomasse. Densité racinaire. Plantes de couverture. Producteurs. Semis direct. Taux d'exploration racinaire. Typologie.

DIAKHATE, Demba. **Implementation of a cropping system and adaptation of an animal powered no-till seeder to the conditions of Senegal.** 2018. 226 p. Thesis (Doctor's Degree in Agronomy) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2018.

## ABSTRACT

This thesis proposes to broaden the discussions on the technical alternatives that favor the intensification of agriculture in the West African region, but which respects the natural, economic and social characteristics of the different countries. The mere introduction of technologies has proved insufficient to promote this intensification. Therefore, this thesis proposes to use a region as a study area, to recognize its characteristics and to propose alternatives. As such, several areas of knowledge were used in this thesis, hence the complexity of work. The selected region was the south peanut basin of Senegal where there is already a pronounced soil degradation and consolidated agricultural activity. The initial idea of the thesis was to propose an adaptation of the concepts of the no-tillage system already widely accepted to conventional farming based on the conservation of the plowing system, a conceptual basis of this reality and to see what are the points of its pillars that must be encouraged? Therefore, we conducted a survey of the pedoclimatic characteristics of the area and the cultural practices of the farm managers to identify the aspects that promote soil degradation. It was necessary to test cultural alternatives to reduce these vulnerabilities. As a result, a prototype of a local seeder was created to take into account this new situation and then an evaluation of the technical capacity of the artisans to apprehend the technology of no-tillage system was carried out. The thesis is presented in five different articles: i) The adoption of a direct seeder in an area with no-tillage system in the South Peanut Basin; ii) Is the No-tillage system possible in the South Senegal Peanut Basin? iii) Technical capacity of the mechanics of artisans workshops manufacturing a seed drill for no-tillage system; iv) Design of a prototype of an animal powered no-tillage seeder; v) Agronomic behavior of three species of *Brachiaria* in dry tropical climate. The results obtained have shown that the cultural practices practiced by the majority of farm managers (systematic removal of residues and the mechanization of peanut cultivation) combined with the effect of the climate with a long dry season contribute to acceleration of land degradation. There is also the context of transhumance making cattle freely throughout the region, with animals feeding on these remains of crops. The involvement of agriculture in this innovation can increase the cover crop especially with the associated crops already practiced. This part of the evaluation of the technical capacity of the artisans is to see if they are able to make the adaptations in the seed drill and in the manufacture of new seeder. It is to see the possibility of the introduction of the modifications in a local animal powered seeder adapted to the no-tillage system in order to use the gain of power for the rest of the animal. Three *brachiaria* species tested in consortium with millet during two harvests to promote permanent soil and animal feeding during the dry season were not efficient, and other alternatives should be sought.

**Key-words:** Artisans. Associated crops. Biomass. Cover crops. Direct seeding. Potential root extraction rate. Producers. Root density. Typology.

DIAKHATE, Demba. **Implantation d'un système de culture et adaptation d'un semoir pour le semis direct aux conditions du Sénégal.** 2018. 226 p. Thèse (Docteur en Agronomie) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2018.

## RESUME GENERAL

Afin de contribuer au relèvement du niveau de la fertilité des sols et du rendement des cultures, on cherche à adapter le semis direct sous couvert végétal aux caractéristiques des exploitations agricoles du Sud du Bassin Arachidier au Sénégal et aux conditions pédoclimatiques de la zone. Ce travail s'inscrit dans le cadre des travaux de recherche menés par le département machinisme agricole et de conservation des sols de l'Université Estadual de Londrina au Brésil dont la réputation en matière de conservation des sols et de la restauration de la fertilité des sols n'est plus à démontrer.

Pour atteindre ces objectifs, cinq types d'activités ont été menés. Ces activités ont été retenues car elles vont nous permettre de répondre aux différents questionnements scientifiques comme: 1) Comment avoir un couvert végétal en début de campagne pour réduire l'érosion, améliorer la fertilité des sols ? 2) Comment semer en traction animale sur un couvert végétal ? Quelles cultures ? Quand ? Avec quels équipements ?

Ces activités avaient concerné :

- i) Etude des conditions d'utilisation du semoir Super Éco au Sénégal dont la démarche consistait à faire une revue bibliographique autour de la mécanisation agricole au Sénégal, à faire des interviews avec les personnes ressources experts du domaine et à l'élaboration de questionnaire à adresser à la SISMAR et aux artisans et aux vendeurs de pièces détachées de matériels de traction animale.
- ii) Enquête auprès de 108 producteurs obtenus par la méthode de la stratification spatiale où dans chacune des trois (03) régions du Sud du Bassin Arachidier trois (03) producteurs ont été retenus. Par la suite un questionnaire relatif aux données socio-économiques, aux caractéristiques de l'exploitation, à l'érosion et à la traction animale et à l'intéressement du semis direct sous couvert végétal leur a été adressé ou à leur répondant. Le dépouillement des données a été faite avec le logiciel Excel 2013 et sous la base d'une corrélation de l'ensemble des variables, les variables les plus corrélées ont fait l'objet d'Analyse en Composante Principale (ACP) et de Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) sous le logiciel XLSTAT afin de réaliser une classification ou une typologie des exploitations agricoles du Sud du Bassin Arachidier basée sur les données de structure des exploitations et de choisir la région la plus facile à introduire l'innovation.
- iii) Enquête menée auprès de 90 artisans répartis dans le Sud du Bassin Arachidier. La démarche avait consisté à chercher une base de données fiables des artisans travaillant dans la fabrication de matériels agricoles à traction animale dans les trois régions du Sud du Bassin Arachidier avec l'appui des directeurs régionaux de développement rural et des directeurs des chambres de métiers. Mais il s'est trouvé que les bases de données détenues au niveau des chambres de métier regroupaient l'ensemble des artisans qui travaillent le fer. Vue la difficulté de pouvoir exploiter ces bases de données, nous nous sommes déplacés de région en région pour nous faire notre propre base de données qui ne couvre que les artisans qui fabriquent réellement que des matériels de traction animale. Après cette première étape, il nous revenait d'établir un questionnaire relatif aux questions d'ordre socio-économique, de caractérisation des ateliers, de capacité à concevoir entièrement ou

partiellement le semoir Super Éco et du minimum d'outillage permettant la conception du semoir Super Éco qui a été adressé au chef de l'atelier ou à son représentant. Les données relatives aux enquêtes socio-économiques et aux caractéristiques de l'atelier ont été soumises au logiciel Excel 2013 pour les analyses de la statistique descriptive pour le calcul des moyennes et des écarts types. Tandis que les données relatives au minimum d'outillage pour la conception du semoir Super Éco ont été soumises au logiciel XLSTAT pour faire l'Analyse en Composante Principale (ACP) et la Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) des artisans pouvant concevoir le semoir SDCVP-éco.

- iv) Conception et l'expérimentation du prototype du semoir de semis direct sous couvert végétal permanent version Super Éco (Semoir SDCVP-éco) en suivant la méthode « Expérimentation-modification » avec le concours d'un artisan.
- v) Implantation d'un dispositif expérimental à la station de recherche agronomique de l'ISRA Niore du Rip en hivernage 2014/2015 et 2015/2016. Dans ce dispositif, la culture principale était du mil et la plante de couverture associée était le *brachiaria* et avaient concerné quatre traitements à savoir le mil seul, le mil/*Brachiaria ruziziensis*, le mil/*Brachiaria decumbens* et le mil/*Brachiaria brizantha*.

Les résultats de la première activité ont montré que le Sénégal a eu une très longue histoire en matière de mécanisation agricole et que le semoir Super Éco continu à avoir du succès auprès des chefs d'exploitation agricole du Sud du Bassin Arachidier. A l'heure actuelle, il y'a différents acteurs qui interviennent dans le ravitaillement, la maintenance et la modernisation du parc de matériels agricoles et la présence de certaines structures financières.

S'agissant des enquêtes menées auprès des chefs d'exploitation agricole, les résultats ont montré que la majorité d'entre eux procèdent à l'enlèvement systématique des mauvaises herbes de leurs champs et à la récolte mécanisée de l'arachide mettant à nu le sol. Les résultats montrent aussi qu'ils existent quatre classes d'exploitation agricole : la classe 1 (68% Exploitation Agricole (EA)) se compose des EA qui ont le niveau d'efficacité et de disponibilité de moyens de production le plus bas, la classe 2 (2% des EA) se compose des EA les plus pauvres en termes de disponibilité des moyens de production, la classe 3 (29% des EA) se compose des EA qui ont une meilleure disponibilité des moyens de productions et enfin la classe 4 (2% des EA) se compose des grandes EA du Sud du Bassin Arachidier. Nos résultats ont montré que les classes 3 et 4 disposant de plus de moyens de production sont plus ouverts à accompagner et à travailler avec le projet de semis direct sous couvert végétal au niveau du Sud du Bassin Arachidier.

Pour les enquêtes menées auprès des artisans, les résultats ont permis de mettre en évidence trois classes (la classe 1 est la moins équipée, la classe 2 a un niveau correct et la classe 3 est super équipée) d'ateliers sur la base de l'outillage permettant la construction du semoir Super Éco obtenu. Les résultats ont montré que les classes 2 et 3 sont capables de réaliser entièrement le semoir de semis direct de couverture végétale permanente version Super Éco. L'artisan retenu pour la fabrication du semoir SDCVP-éco fait partie de la classe 2.

Pour l'activité 4 concernant la conception du prototype du semoir SDCVP-éco à traction animale, une maquette du semoir SDCVP-éco fonctionnant sur un couvert végétal a été montrée aux producteurs et aux artisans pour l'identification des contraintes et des modifications à apporter à la maquette afin d'élaborer un cahier des charges. Sur la base des informations reçues auprès des différents acteurs, un premier cahier des charges contenant les caractéristiques de fonctionnement du semoir SDCVP-éco et un plan du semoir SDCVP-éco conçu avec le logiciel Solidworks ont été présentés à l'artisan retenu qui a eu à y apporter des modifications issues de concertation et de discussion en suivant la méthode « Expérimentation-modification » afin de parvenir à avoir le bon produit avec le correct cahier des charges. Les résultats des essais de performance montrent que ce semoir SCV-éco

demande des efforts de traction supérieure à ceux que le cheval et l'âne peuvent fournir en continu sur quelques heures. Ce semoir peut être tiré par une paire de bœufs. De plus, ce semoir SCV-éco ne peut être utilisé que sur un couvert végétal peu développé et aplati (dix jours maximum après la levée) et son coût de production, bien qu'inférieur à certains semoirs de semis direct importés, s'avère encore trop élevé pour les agriculteurs du bassin arachidier. Cependant, des études devront se faire afin d'évaluer les performances techniques du semoir Super Éco développé par les artisans locaux afin de le rendre plus efficace grâce à l'implication de la Société Industrielle Sahélienne de Mécanique, de Matériels Agricoles et de Représentation (SISMAR) pour sa standardisation.

Enfin pour la dernière activité concernant l'implantation d'un essai agronomique, les résultats ont montré que les *brachiarias* ont une faible capacité de résister à la longue saison sèche 2015-2016 avec des taux de survie de 14% pour *decumbens*, de 23,67% pour *brizantha* et proche de zéro pour *ruziziensis*.

Les *brachiarias* n'ont pas eu d'effet particulier sur le mil mais les rendements en deuxième année ont été à la baisse comparés aux résultats obtenus en première année. Ainsi, les rendements ont été pour le mil pur de 2246,67 kg/ha en 2015 à 831,33 kg/ha en 2016 soit un écart de production entre 2015 et 2016 de -63% ; pour le mil associé au *ruziziensis* de 1974,67 kg/ha en 2015 à 831,33 kg/ha en 2016 soit un écart de production entre 2015 et 2016 de -58% ; pour le mil associé au *decumbens* de 1983 kg/ha en 2015 à 518,67 kg/ha en 2016 soit un écart de production entre 2015 et 2016 de -48% et pour le mil associé au *brizantha* de 2221,67 kg/ha en 2015 à 658,33 kg/ha en 2016 soit un écart de production entre 2015 et 2016 de -70%. Cette baisse peut-être attribuée à la succession de deux cultures de mil et à des conditions pluviométriques plus défavorables.

Les résultats montrent que les meilleures densités racinaires ont été obtenues avec l'espèce de *brachiaria brizantha* avec un taux de production de 680 kg/ha de matière sèche entre 10 et 50 cm de profondeur. Une amélioration de l'exploration racinaire du sol en profondeur a été notée en deuxième année pour les trois espèces de *brachiaria*.

Du fait de son incapacité à survivre à la saison sèche, le *Brachiaria ruziziensis* ne peut pas être utilisé comme plante de service pour lutter contre l'érosion hydrique due en début de saison des pluies. Les *Brachiarias brizantha* et *decumbens* ont été plus performantes de ce point de vue. Ils ont des productions aériennes et souterraines proches, mais *brizantha* a eu des difficultés de germination. L'espèce de *b. decumbens* paraît donc, parmi les trois espèces étudiées, celle qui est la plus intéressante comme plante de service dans les conditions locales. L'expérimentation a montré que l'introduction d'une plante de couverture comme le *brachiaria* dans les systèmes de culture locaux n'est pas aisée, notamment à cause de la longue saison sèche. Le *brachiaria*, n'a pas eu d'effet favorable notable, contrairement à ce qui est observé dans d'autres zones climatiques. Les effets sur le mil ont même été plutôt négatifs à cause de l'absence de la rotation avec une légumineuse et à la faible pluviosité en deuxième année d'implantation de l'essai. Des études complémentaires sont nécessaires pour optimiser l'effet du *brachiaria* en facilitant son implantation en première année et son maintien pendant la saison sèche et en réduisant ses effets défavorables de la concurrence.

Face à la dégradation et à la baisse de fertilité des sols du Sud du Bassin Arachidier au Sénégal, le semis direct sous couvert végétal permanent peut être une méthode alternative de lutte contre l'érosion hydrique et de rehaussement de la fertilité des sols par l'emploi de plante de couverture. Le *Brachiaria decumbens* avec une faible capacité de résistance à la sécheresse pourra jouer ce rôle. L'emploi du semoir de semis direct sous couvert végétal version Super Éco standardisé en collaboration avec la SISMAR qui attelait à une paire de bœuf peut être opérationnel sur un couvert végétal peu développé ou mort. Aussi le respect de la rotation des cultures, la gestion mécanique ou chimique du couvert végétal, la réorganisation du système agraire au niveau du terroir et l'agrandissement de la biomasse par les cultures fourragères

pour nourrir les animaux, pour le commerce des humains et pour la couverture permanente du peuvent contribuer positivement au succès du projet de semis direct sous couvert végétal au sein des exploitations agricoles du Sud du Bassin Arachidier.

**Mots-clés:** Artisans. Cultures associées. Biomasse. Densité racinaire. Plantes de couverture. Producteurs. Semis direct. Taux d'exploration racinaire. Typologie.

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1</b> –	Schéma de la structure morphopédologique du milieu. Processus de ruissellement et d'érosion le long d'un versant du Sine Saloum (Source : Perez et al., 1996).....	2
<b>Figure 2</b> –	Dégradation régionale des sols par type d'utilisation des sols 1945-1990 (Sara et Satya, 1997).....	4
<b>Figure 3</b> –	Schéma général de la dégradation de l'écosystème du Sud Saloum (d'après Perez et Sène, 1994).....	7
<b>Figure 4</b> –	Le système agraire wolof traditionnel. T.F (transferts de fertilité) (Source : Perez et Sène, 1994 ; d'après Angé, 1991 et d'après Pelissier, 1966).....	9
<b>Figure 5</b> –	Déplacement des transhumances vers d'autres zones tout juste à l'approche de l'hivernage 2015/2016 au niveau de la région de Kaolack (Source : nos enquêtes).....	11
<b>Figure 6</b> –	Schéma d'occupation des sols dans un village –type (Source : Prêcheur, 2012).....	12
<b>Figure 7</b> –	Kit d'équipement agricole motorisé composé d'un tracteur et de ses accessoires destiné à un producteur en partance vers le Centre-Sud du Sénégal (Source : nos enquêtes).....	14
<b>Figure 8</b> –	Calendrier d'exécution des travaux agricoles mécanisés dans le Sud du Bassin Arachidier (Havard, 1993).....	15
<b>Figure 9</b> –	Réalisation de cordons pierreux au Burkina Faso (Institut de l'Environnement et de la Recherche Agricole (INERA), 2000 et Rabdo, 2007).....	20
<b>Figure 10</b> –	Ancien aménagement de cordons pierreux sur la partie amont de la Station de recherche ISRA Nioro du Rip (Source: nos enquêtes).....	24
<b>Figure 11</b> –	Réalisation de Diguette en cadre par le Projet Codeval/JICA en appui aux populations de Keur Babou Diop : Département de Nioro du Rip (Source : Anonyme, 2012).....	25
<b>Figure 12</b> –	Seuil de gabion construit pour stopper le grand ravin sur la partie sud de la Station de recherche ISRA Nioro du Rip (Source : nos enquêtes).....	26
<b>Figure 13</b> –	Arête de poisson (Source : Ruelle et al., 1990).....	27

<b>Figure 14</b> – Demi-lune (Source : Ruelle et al., 1990) .....	27
<b>Figure 15</b> – Cuvette avec diguette à l’aval (Source : Ruelle et al., 1990).....	28
<b>Figure 16</b> – Schéma de la parcelle expérimentale, avec ados en courbe de niveau (ACN) et le témoin (Bayala et al., 2009) .....	29
<b>Figure 17</b> – Haies vives de <i>Bauhinia rufescens</i> mal entretenues en dehors de la station de recherche ISRA et au niveau des parcelles paysannes du Village de Diameguène à Nioro du Rip (Source : nos enquêtes).....	30
<b>Figure 18</b> – Brise-vent de <i>Neem</i> ( <i>Azadirachta indica</i> ) protégeant les cultures contre le vent au niveau de la station de recherche ISRA Nioro du Rip (Source : nos enquêtes) .....	31
<b>Figure 19</b> – Test en parcelle paysanne : décompactage en sec (Perez et al., 1996).....	32
<b>Figure 20</b> – Déjections de troupeaux de bœufs transhumants non encore décomposées dans un champ du village de Lougué dans le département de Nioro du Rip (Source : nos enquêtes) .....	33
<b>Figure 21</b> – Pose d’une fascine au niveau d’une parcelle de niébé au niveau de l’ISRA Nioro du Rip (Source : nos enquêtes).....	35
<b>Figure 22</b> – Épandage de déjections d’animaux au niveau d’une parcelle paysanne dans le village de Diameguène à Nioro du Rip (Source : nos enquêtes).....	36
<b>Figure 23</b> – Parcage d’animaux au niveau d’une parcelle paysanne dans le village de Diameguène à Nioro (Source : nos enquêtes).....	36
<b>Figure 24</b> – Aménagement de gabions tissés et posés pour lutter contre le ravinement (Source : nos enquêtes).....	37
<b>Figure 25</b> – Les principes de l’agriculture de conservation (AC) (Derpsch, 2009) .....	38
<b>Figure 26</b> – Evolution de l’agriculture de conservation dans le monde (Derpsch, 2009) .....	38
<b>Figure 27</b> – Vue arrière du Ripper 4 (à gauche) et vue de face du Ripper 4 (à droite) (Source : nos enquêtes) .....	41
<b>Figure 28</b> – Interaction sol-plant-eau dans un système de Semis Direct (Husson et Rakotondramanana, 2006) .....	42
<b>Figure 29</b> – Pratique du semis direct de couverture végétal permanent à Madagascar (Husson et Rakotondramanana, 2006 ; AFD, 2006).....	42

<b>Figure 30</b> – Réalisation des sarclages manuelles au niveau des parcelles de mil (variétés Thialack 2 et Souna 3) au niveau de la station de recherche ISRA Nioro du Rip en hivernage 2013 ( source : nos enquêtes) .....	45
<b>Figure 31</b> – Opérations de post-récolte effectuées sur la culture de l’arachide au niveau de la station de recherche ISRA Nioro du Rip (Source : nos enquêtes) .....	46
<b>Figure 32</b> – Champs de maïs au niveau de la communauté rurale de Taïba Niassène dans le département de Nioro du Rip en hivernage 2016 (à gauche la variété Patoze et à droite la variété SNK) (source : nos enquêtes) .....	48
<b>Figure 33</b> – Les variétés de Niébé vulgarisées par l’ISRA (Source : nos enquêtes 2012) .....	49
<b>Figure 34</b> – Parcelle expérimentale de la culture du sorgho au niveau de la station de recherche ISRA Nioro du Rip (Source : nos enquêtes 2012) .....	50
<b>Figure 35</b> – Prototype de semoir de semis direct AFDI à traction bovine en milieu paysan à Mandela région Sikasso au Mali (TCS, 2006 ; Sissoko et Autfray, 2007).....	51
<b>Figure 36</b> – Semis direct en humide d’un essai maïs à la station de recherche ISRA-Nioro du Rip (Source : nos enquêtes).....	52
<b>Figure 37</b> – Semis avec le semoir super éco en traction équine (Source : nos enquêtes) .....	53
<b>Figure 38</b> – Ramassage et brûlage des résidus de récoltes en milieu paysan du SBA (Source : nos enquêtes).....	54
<b>Figure 39</b> – Réalisation d’un profil cultural à IAPAR par le laboratoire Sol de la UEL au Brésil (Source : nos enquêtes) .....	55
<b>Figure 40</b> – Motorisation des itinéraires techniques du semis direct sous couvert végétal permanent au Maroc (Source : MAPM/DERF, 2008) .....	56
<b>Figure 41</b> – Vue éclatée des différentes composantes du semoir super éco (catalogue SISCOMA, 1966).....	63
<b>Figure 42</b> – Forge fabriquant des houes sine et des souleveuses dans le SBA (Source : nos enquêtes) .....	73

<b>Figure 43</b> – Chaîne de fabrication des composants du semoir Super Éco à l’Usine SISMAR de Pout (Source : nos enquêtes) .....	76
<b>Figure 44</b> – Vente de diverses pièces détachées à traction animale dans le marché hebdomadaire ou « Louma » dans le département de Nioro du Rip (Source : nos enquêtes) .....	78
<b>Figure 45</b> – La pluviométrie au Sénégal (Cisse et al., 2003) .....	87
<b>Figure 46</b> – Destination des résidus de récolte dans les exploitations agricoles enquêtées.....	94
<b>Figure 47</b> – Projection des variables de l’ACP dans le plan factoriel F1-F2 .....	95
<b>Figure 48</b> – Projection des exploitations agricoles de l’échantillon sur les axes F1 et F2 .....	96
<b>Figure 49</b> – Dendrogramme de classification des exploitations agricoles de l’échantillon .....	97
<b>Figure 50</b> – La pluviométrie au Sénégal (Cisse et al., 2003) .....	107
<b>Figure 51</b> – Adaptation d’un coutre circulaire au semoir Super Éco travaillant dans les conditions de semis direct sous couverture végétale permanent (SDCVP).....	109
<b>Figure 52</b> – Projection des variables de l’ACP dans le plan factoriel Axe 1-Axe 2.....	116
<b>Figure 53</b> – Représentation des ateliers spécialisés dans la fabrication de matériel de traction animale par type dans le plan factoriel F1-F2.....	117
<b>Figure 54</b> – Description des différentes étapes de la méthode “ Expérimentation-Modification ” .....	127
<b>Figure 55</b> – Réalisation de la pièce « cadre du semoir SDCVP-éco » sous solidworks en utilisant l’esquisse et les fonctions (extrusion, enlèvement de matière et tôlerie).....	129
<b>Figure 56</b> – Réalisation de l’assemblage du châssis du semoir SDCVP-éco sous solidworks .....	130
<b>Figure 57</b> – a (à gauche) et b (à droite). Figure 57 a. Vue latérale du prototype de semoir SDCVP-éco sous Solidworks. Figure 57 b. Le prototype réalisé par l’artisan retenu.....	135
<b>Figure 58</b> – Mécanisme de distribution de la boîte artisanale (plateau 1e position, fond de carter 2e position, carter à droite 3e position et pignon 8 dents 4e position)).....	138

<b>Figure 59</b> – Répartition de la pluviosité sur le site expérimental en 2015 et 2016 et dates de semis. Les cumuls de pluie en mm) sont par périodes de 5 jours.....	157
<b>Figure 60</b> – Biomasses sèches (t/ha) des trois espèces de brachiarias durant la saison des pluies 2015.....	158
<b>Figure 61</b> – Biomasses sèches (t/ha) des trois espèces de brachiarias durant la saison des pluies 2016.....	159
<b>Figure 62</b> – Evolution de la biomasse sèche totale (t/ha) de la variété de Mil (Thialack 2) dans le traitement en culture pure durant les saisons des pluies 2015 et 2016.....	160
<b>Figure 63</b> – Profils racinaires en 2015 : longueurs volumiques (LVR ou RLD en cm/cm <sup>3</sup> ) (A) et Distances entre racines (cm) (B).....	162
<b>Figure 64</b> – Pourcentage de volume de sol potentiellement utile pour l'alimentation en eau (PRER) en fonction du profil racinaire en 2015. Valeurs calculées par le modèle PRER à partir des valeurs de la figure 63 B et pour une hypothèse de 5 cm de distance maximale de migration de l'eau du sol autour d'une racine.....	163
<b>Figure 65</b> – Profils racinaires en 2016 : longueurs volumiques (LVR ou RLD en cm/cm <sup>3</sup> ) (A) et Distances entre racines (cm) (B).....	164
<b>Figure 66</b> – Pourcentage de volume de sol potentiellement utile pour l'alimentation en eau (PRER) en fonction du profil racinaire en 2016. Valeurs calculées par le modèle PRER à partir des valeurs de la figure 65 B et pour une hypothèse de 5 cm de distance maximale de migration de l'eau du sol autour d'une racine.....	165
<b>Figure 67</b> – Pourcentage de volume de sol potentiellement utile pour l'alimentation en eau (PRER) en fonction de la profondeur de <i>B. decumbens</i> (DECU) et <i>B. brizantha</i> (BRIZ) en 2015 et 2016.....	166
<b>Figure 68</b> – Pourcentage de volume de sol potentiellement utile pour l'alimentation en eau (PRER) en fonction de la profondeur de <i>B. ruziziensis</i> (RUZI) en 2015 et 2016 en regroupant les résultats des deux années.....	167
<b>Figure 69</b> – Récolte manuelle des semences de brachiaria arrivées à maturité .....	222
<b>Figure 70</b> – Séchage à l'air libre de la biomasse aérienne issue des parcelles de multiplication de semences .....	224

<b>Figure 71</b> – Feu de brousse survenu au mois de Février 2017 au niveau du site d'implantation de l'essai semis direct sous couvert végétal permanent.....	225
<b>Figure 72</b> – Divagation d'un troupeau de bœuf au mois de janvier au niveau du dispositif de semis direct sous couvert végétal permanent .....	226

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1</b>	– Les contraintes à la production agricole en zone tropicale .....	21
<b>Tableau 2</b>	– Prix de vente des matériels agricoles de fabrication artisanale dans le Sud du Bassin Arachidier.....	77
<b>Tableau 3</b>	– Matrice de corrélation entre les variables sélectionnées en fonction des caractéristiques de fonctionnement de l’exploitation agricole.....	90
<b>Tableau 4</b>	– Variables discriminantes choisies issues de la matrice de corrélation .....	91
<b>Tableau 5</b>	– Évolution des superficies emblavées par exploitation et par spéculation dans les trois régions du Sud du Bassin Arachidier durant l’hivernage 2014/2015 .....	92
<b>Tableau 6</b>	– Classification des variables selon leur valeur propre et cumulée .....	95
<b>Tableau 7</b>	– Moyennes des variables par exploitation pour chaque classe de producteurs enquêtés.....	98
<b>Tableau 8</b>	– Population totale d’artisans recensés et travaillant le matériel de culture attelé dans les trois régions du Sud du Bassin Arachidier .....	111
<b>Tableau 9</b>	– Méthode de calcul de l’échantillonnage des artisans retenus pour l’enquête.....	111
<b>Tableau 10</b>	– Matrice de corrélation entre les variables initiales de l’ACP .....	113
<b>Tableau 11</b>	– Variables discriminantes choisies pour l’évaluation de la capacité des artisans à concevoir le semoir de semis direct sous couvert végétal .....	114
<b>Tableau 12</b>	– Caractéristique moyenne en outils de travail pour chaque classe d’atelier enquêté dans le Sud du Bassin Arachidier.....	117
<b>Tableau 13</b>	– Hauteur moyenne des brachiarias avant le passage du semoir SDCVP-éco au niveau du dispositif expérimental pour le test de traction .....	132
<b>Tableau 14</b>	– Minimum d’outillage indispensable à la réalisation du semoir SDCVP-éco.....	136
<b>Tableau 15</b>	– Résultats des essais de mesures de puissance de traction et de vitesse avec le semoir de semis direct sous couvert végétal permanent et un cheval selon les différents traitements .....	140
<b>Tableau 16</b>	– Densité de population et taux de survie des brachiaria en fin de saison sèche 2015-2016 .....	158
<b>Tableau 17</b>	– Biomasses sèches totales produites au cours des saisons des pluies 2015 et 2016.....	160

<b>Tableau 18</b> – Rendements (grains) du mil Thialack 2 sur les quatre traitements en 2015 et 2016.....	161
<b>Tableau 19</b> – Densité de biomasses racinaire des trois espèces de brachiaria en fonction de la profondeur (méthode des prélèvements globaux).....	168

## LISTE DES ABREVIATIONS

AC	Agriculture de Conservation
ACN	Ados à Courbes de Niveau
ACP	Analyse en Composante Principale
AFD	Agence Française de Développement
AFDI	Agriculteurs Français et Développement International
AHDIS	Action Humaine pour le Développement Intégré du Sénégal
ANACIM	Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie
ANCAR	Agence Nationale de Conseil Agricole et Rural
APDC	Associação de Plantio Direto no Cerrado
ARD	Agence régionale de développement
BAME	Bureau d'Analyse Macro-économiques
BIT	Bureau International du Travail
BNDS	Banque Nationale de Développement du Sénégal
BSD	Banque Sénégalaise de Développement
CAPES	Centre d'Analyse des Politiques Économiques et Sociales
CARITAS	Confédération Internationale d'organisations Catholiques à but lucratif
CDSR	Centre de développement sous-régional pour l'Afrique du Nord
CERAAS	Centre d'étude régional pour l'amélioration de l'adaptation à la sécheresse
CES	Conservation des Eaux et des Sols
CEDEAO	Communauté Economique des Etats de l'Afrique de l'Ouest
CEEMAT	Centre d'Etudes et d'Experimentation en Mécanisation Agricole et Technologie Alimentaire
CF	Conservation Farming
CILSS	Comité permanent Inter états de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel
CIRAD	Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement
CLUSA	Cooperative League of the USA
CMK	Chambre de Métier de Kaolack

CNCAS	Caisse Nationale de Crédit Agricole du Sénégal
CNIS	Cadre National d'Investissement Stratégique
CNRA	Centre National de Recherches Agronomiques
CODEVAL	Projet de Renforcement des Capacités pour le Contrôle de la Dégradation des Terres et la Promotion de leur Vulgarisation dans les Zones de Sols Dégradés
CONSERE	Conseil Supérieur de l'environnement et des ressources naturelles
CRD	Comité Régional de Développement
CSE	Centre de Suivi Ecologique
CTFT	Centre Technique Forestier Tropical
DD	Droit de Douane
DERF	Direction de l'Enseignement, de la Formation et de la Recherche du Maroc
DGD	Direction Générale des Douanes
DMER	Direction de la Modernisation de l'Equipement Rural
DPDA	Déclaration de Politique de Développement Agricole
DRDR	Direction Régionale du Développement rural
DRS	Défense et Restauration des Sols
ENSA	Ecole Nationale Supérieure d'Agriculture
FAO	Organisation pour l'alimentation et l'agriculture
FCFA	Franc des Colonies Françaises d'Afrique
FEBRAPDP	Fédération Brésilienne de Semis Direct sous Couvert Végétal Permanent
FEPROMAS	Fédération des Producteurs de Maïs du Saloum
FIDA	Fonds international de Développement Agricole
GDT	Gestion Durable des Terres
GSDM	Groupement semis direct de Madagascar
GRN	Gestion des Ressources Naturelles
HTVA	Hors Taxes
ICRAF	Centre Mondial de Recherche en Agroforesterie
IED	Innovation Environnement Développement Afrique
INERA	Institut de l'Environnement et de la Recherche Agricole

INP	Institut National de Pédologie
ISRA	Institut Sénégalais de Recherches Agronomiques
JICA	Agence Japonaise de Coopération Internationale
MAER	Ministère de l'Agriculture et de l'Équipement Rural
MAPM	Ministère de l'Agriculture et de la Pêche Maritime du Maroc
NPA	Nouvelle Politique Agricole
NRBAR	Natural Resources-Based Agricultural Research Project
ONCAD	Office National de Coopération et d'Assistance pour le Développement
ONG	Organisation Non Gouvernementale
PA	Programme Agricole
PAGERNA	Projet d'Autopromotion et de Gestion des Ressources Naturelles
PAQ	Programme Agricole Quinquennal
PASA	Programme d'Ajustement du Secteur Agricole
PCC	Prélèvement Communautaire CEDEAO
PCE	Project de Croissance Economique
PCS	Prélèvement Communautaire Solidarité
PDRPO	Projet de Développement Rural de la Province de l'Ouest
PHPO	Projet pour les Hauts Plateaux de l'Ouest
PIDAC	Projet Intermédiaire puis Intégré de développement Agricole de la basse Casamance
PROMACCESS	Promotion de la Micro-entreprise Artisanale au Centre et au Sud du Senegal
PROMER	Projet de promotion de l'entrepreneuriat rural
PRACAS	Programme d'Accélération de la Cadence de l'Agriculture Sénégalaise
QUEFTS	Quantitative Evaluation of Fertility of Tropicals Soils
REVA	Plan Retour Vers l'Agriculture
RNA	Régénération Naturelle Assistée
RS	Redevance Statistique
SAED	Société Nationale d'Aménagement et d'Exploitation des Terres du Delta du Fleuve Sénégal et des Vallées du Fleuve Sénégal et de la Falémé
SATEC	Société d'Assistance Technique

SBA	Sud du Bassin Arachidier
SDCVP	Semis Direct sous couvert végétal Permanent
SDDR	Services de Développement Rural
SISMAR	Société Industrielle Sahélienne de mécanique, de Matériels Agricoles et de Représentations
SISCOMA	Société Industrielle Sénégalaise de matériels agricoles
SODEFITEX	Société de développement et des fibres textiles
SODEVA	Société de Développement et de Vulgarisation Agricole
SOMIVAC	Société de Mise en Valeur de la Casamance
TCS	Techniques Culturelles Simplifiées
TTC	Toute Taxe Comprise
TVA	Taxe sur la valeur ajoutée
UCA	Unités de Culture Attelée
UCF	Union Charrue de France
UEL	Universidade Estadual de Londrina
UEMOA	Union Economique et Monétaire Ouest Africaine
UFC	Unité Fourragère Cheval
UFL	Unité Fourragère Lait
USAID	Aide américaine pour le développement

## TABLES DES MATIERES

<b>1</b>	<b>INTRODUCTION GENERALE.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>JUSTIFICATIF.....</b>	<b>5</b>
2.1	MANIFESTATION DE LA DEGRADATION DES TERRES DANS LE SUD DU BASSIN ARACHIDIER.....	5
2.2	MISE EN VALEUR DES TERRES DANS LE SUD DU BASSIN ARACHIDIER.....	7
2.2.1	L'organisation de l'Espace Agricole au Niveau Terroir.....	7
2.2.2	L'Accessibilité au Foncier dans le Sud du Bassin Arachidier.....	9
2.2.3	La Relation entre l'Agriculture et l'Élevage dans le Sud du Bassin Arachidier.....	10
2.3	CARACTERISTIQUES DE STRUCTURE DES EXPLOITATIONS DU SUD DU BASSIN ARACHIDIER.....	12
2.3.1	Superficies Cultivées.....	12
2.3.2	Traction Animale.....	13
2.3.3	Equipements Agricoles.....	13
2.4	LE CALENDRIER AGRICOLE DANS LE SUD DU BASSIN ARACHIDIER.....	14
2.5	LES ACTIONS MISES EN ŒUVRE POUR EVITER LA DEGRADATION DES TERRES.....	17
2.5.1	Au Niveau de la Fertilisation des Sols.....	17
2.5.2	Au Niveau de la Défense et de la Restauration des Sols.....	17
2.6	LES RAISONS DE LA MISE EN ŒUVRE DE L'AGRICULTURE DE CONSERVATION.....	18
2.7	HYPOTHESES.....	18
2.8	OBJECTIFS.....	19
2.8.1	Objectifs Spécifiques.....	19
<b>3</b>	<b>REVUE BIBLIOGRAPHIQUE GENERALE.....</b>	<b>20</b>
3.1	LES TECHNIQUES DE PROTECTION ET DE CONSERVATION DES SOLS EN AFRIQUE DE L'OUEST.....	20
3.1.1	En Afrique de l'Ouest.....	20
3.1.2	Dans le Sud du Bassin Arachidier au Sénégal.....	21

3.1.2.1	Les formes traditionnelles .....	22
3.1.2.1.1	<i>La fumure organique</i> .....	22
3.1.2.1.2	<i>La jachère associée à la rotation des cultures et au paillage</i> .....	22
3.1.2.1.3	<i>La foresterie</i> .....	23
3.1.2.2	Les formes modernes.....	23
3.1.2.2.1	<i>Les méthodes mécaniques</i> .....	23
3.1.2.2.1.1	Cordons en pierres .....	23
3.1.2.2.1.2	Diguette en cadre .....	24
3.1.2.2.1.3	Seuil en gabions.....	25
3.1.2.2.1.4	Arête de poisson, Demi-lunes et Cuvette avec diguette à l’aval testés dans la communauté rurale de Thyssé Kaymor dans le Département de Nioro du Rip.....	26
3.1.2.2.1.5	Ados.....	28
3.1.2.2.2	<i>Les méthodes d’agroforesterie ou biologique</i> .....	29
3.1.2.2.2.1	Haies vives.....	29
3.1.2.2.2.2	Brise-vent .....	30
3.1.2.2.2.3	Pépinières villageoises.....	31
3.1.2.2.3	Les techniques culturales.....	31
3.1.2.2.3.1	Décompactage en sec.....	31
3.1.2.2.3.2	Radou baligne ou sarclo-buttage de relevée .....	32
3.1.2.2.3.3	Apport de matière organique (fumier, compost) .....	33
3.1.2.2.3.4	Paillage ou restitution des résidus organiques.....	33
3.1.2.2.3.5	Engrais minéraux.....	34
3.1.2.3	Différentes techniques d’aménagement anti-érosif de conservation des sols et de restauration de la fertilité pratiquées dans le Département de Nioro du Rip.....	34
3. 2	L’AGRICULTURE DE CONSERVATION.....	37
3.2.1	Définition et Principes .....	37
3.2.2	L’Agriculture de Conservation en Afrique de l’Ouest et au Sénégal .....	39
3.2.2.1	En Afrique de l’ouest.....	39
3.2.2.2	Au Sénégal plus particulièrement dans le Sud du Bassin Arachidier .....	39
3.2.2.2.1	<i>La Régénération Naturelle Assistée ou RNA</i> .....	39

3.2.2.2	<i>Le Conservation Farming ou CF</i> .....	40
3.3	LE SEMIS DIRECT SOUS COUVERT VEGETAL PERMANENT (SDCVP) .....	41
3.3.1	Principes et Mises en Œuvre .....	41
3.3.2	La Perception du Semis Direct Sous Couvert Vegetal a Travers le Monde.....	43
3.3.3	La Place du Semis Direct Sous Couvert Vegetal Permanent Dans les Exploitations Agricoles Bresiliennes .....	43
3.3.4	La Pratique du Semis Direct Dans les Pays de L’Afrique de L’Ouest43	
3.3.4.1	Les calendriers des travaux en Afrique de l’Ouest et dans le Sud du Bassin Arachidier.....	43
3.3.4.2	La pratique du semis direct sous couvert végétal permanent au Mali et au Burkina Faso .....	50
3.3.4.3	La pratique du semis direct au Sénégal .....	51
3.3.4.4	Quelques résultats de recherche sur le semis direct sous couvert végétal permanent.....	54
3.3.4.5	Expérience brésilienne en matière de semis direct sous couvert végétal permanent.....	56
<b>4</b>	<b>ARTICLE 1. POSSIBILITES DE SUBVENTION ET CONDITIONS D’ADOPTION DU SEMOIR DE SEMIS DIRECT SOUS COUVERT VEGETAL PERMANENT VERSION SUPER ECO AU SENEGAL</b> .....	<b>58</b>
4.1	INTRODUCTION.....	60
4.2	METHODOLOGIE .....	65
4.2.1	Questionnaires Adressées aux Artisans du Sud du Bassin Arachidier .....	65
4.2.2	Guides d’Entretien et Interviews des Personnes Ressources.....	66
4.2.2.1	Collectes de données et d’informations.....	67
4.2.2.1.1	Revue documentaire .....	67
4.2.2.1.2	Entrevues .....	67
4.2.2.1.3	La conception des outils .....	67
4.3	RESULTATS.....	68
4.3.1	La Diffusion des Matériels Agricoles de Culture Attelée.....	68

4.3.1.1	Les grands programmes de 2000 à nos jours .....	68
4.3.1.2	L'accessibilité actuelle aux matériels agricoles à travers la Direction de la Modernisation de l'Équipement Rural (DMER) .....	69
4.3.1.3	Condition d'accès aux équipements motorisés du programme Plus-Aliments .....	70
4.3.1.4	Procédure d'attribution de l'équipement motorisé au bénéficiaire .....	70
4.3.2	Promotion de l'Entrepreneuriat Local à travers l'Accessibilité des Équipementiers aux Marchés de Matériels Agricoles à Traction Animale .....	71
4.3.3	Les Capacités de Fabrication du Semoir Super Éco au Sénégal .....	72
4.3.3.1	Au niveau artisanal .....	72
4.3.3.1.1	La fabrication locale .....	72
4.3.3.1.2	Forces des artisans .....	72
4.3.3.1.3	Faiblesses des artisans .....	72
4.3.3.2	Au niveau de la SISMAR .....	73
4.3.3.2.1	1ère étape (la conception d'un prototype) .....	74
4.3.3.2.2	2ème étape (la fabrication en série) .....	74
4.3.3.3	Prix moyen du semoir super éco et de ces composantes au niveau industriel et artisanal .....	76
4.3.4	Intérêt de la Thèse .....	78
4.4	DISCUSSION .....	79
4.4.1	Renouvellement du Parc de Matériels Agricoles au Sénégal .....	79
4.4.2	Possibilité de Subvention du Semoir de Semis Direct Version Super Éco .....	79
4.4.3	Effet et Conséquence Agronomique de l'Utilisation de Semoir Artisanal de Bas Prix sur les Rendements des Cultures .....	79
4.4.4	Rôles des Décideurs dans les Prises de Décision dans le Domaine du Machinisme Agricole .....	80
4.5	CONCLUSION .....	81

<b>5</b>	<b>ARTICLE 2. LE SEMIS DIRECT SOUS COUVERT VEGETAL EST-IL REALISABLE DANS LE SUD DU BASSIN ARACHIDIER AU SENEGAL ?</b> .....	<b>83</b>
5.1	INTRODUCTION .....	85
5.2	MATERIELS ET METHODES.....	87
5.3	RESULTATS.....	90
5.3.1	Choix de Variables Quantitatives Pertinentes Retenues pour la Typologie des Exploitations .....	90
5.3.2	Modes d'Accès aux Terres Basés Essentiellement sur l'Héritage.....	92
5.3.3	Systèmes de Culture à Base d'Arachide et de Céréales .....	92
5.3.4	Des Pratiques Culturelles qui Favorisent la Dégradation des Sols.....	93
5.3.5	Très Peu d'Exploitations Agricoles Installent des Aménagements Anti-érosifs .....	93
5.3.6	Les Résidus de Récolte sont Brûlés au Champ ou Exportés .....	93
5.3.7	Étude des Variables Quantitatives Retenues sur le Cercle des Corrélations .....	94
5.3.8	Typologie des Exploitations Agricoles du Sud Bassin Arachidier .....	96
5.3.9	Description des 4 Classes d'Exploitations Agricoles Retenues.....	98
5.4	DISCUSSION.....	100
5.5	CONCLUSION .....	102
<b>6</b>	<b>ARTICLE 3. EVALUATION DE LA CAPACITE TECHNIQUE DES ARTISANS POUR LA FABRICATION DU SEMOIR DE SEMIS DIRECT SOUS COUVERT VEGETAL VERSION SUPER ECO</b> .....	<b>103</b>
6.1	INTRODUCTION .....	105
6.2	MATERIELS ET METHODES.....	106
6.3	RESULTATS.....	112
6.3.1	Choix des Variables Quantitatives Pertinentes pour la Typologie des Artisans.....	112
6.3.2	Caractéristique Socio-démographique des Artisans Enquêtés.....	114
6.3.3	Typologie des Artisans Pouvant Construire le Semoir de Semis Direct Version Super Éco .....	115
6.4	DISCUSSION.....	118

6.4.1	Prise en Main du Parc Matériel de Culture Attelée par les Artisans.....	118
6.4.2	Capabilité des Artisans Enquêtés à la Conception du Semoir SDCVP-éco .....	120
6.5	CONCLUSION .....	121
<b>7</b>	<b>ARTICLE 4. CONCEPTION ET EXPERIMENTATION D'UN PROTOTYPE DE SEMOIR DE SEMIS DIRECT SOUS COUVERT VEGETAL A TRACTION ANIMALE AU SENEGAL .....</b>	<b>123</b>
7.1	INTRODUCTION.....	125
7.2	MATERIELS ET METHODES.....	126
7.2.1	Etablissement d'un Cahier des Charges .....	127
7.2.2	Conception, puis Fabrication (ou Adaptation) de Prototypes.....	128
7.2.3	Expérimentations du Prototype .....	131
7.2.4	Fabrication d'une Présérie .....	134
7.2.5	Suivis de la Présérie.....	134
7.2.6	Industrialisation (Fabrication en Série) .....	134
7.3	RESULTATS.....	134
7.3.1	Les Caractéristiques Techniques du Prototype de Semoir SDCVP- éco.....	134
7.3.2	Les Etapes du Processus de Réalisation du Premier Prototype de Semoir SDCVP-éco.....	135
7.3.3	Le Matériel et l'Equipement Utilisés dans la Fabrication du Prototype.....	135
7.3.4	Les Modifications Suivantes ont été Faites au Cahier des Charges .....	137
7.3.5	Détermination du Coût Réel de Production du Semoir SDCVP- éco.....	139
7.3.6	Les Essais de Performances du Prototype sur le Terrain.....	139
7.4	DISCUSSION.....	140
7.4.1	Difficultés Rencontrées par l'Artisan dans la Fabrication du Semoir SDCVP-éco.....	140
7.4.2	Réduire le Coût de Production du Semoir SDCVP-éco .....	141
7.4.3	Comportement et Adaptation du Semoir SDCVP-éco sur Couverture Végétale .....	142

7.5	CONCLUSION .....	142
<b>8</b>	<b>ARTICLE 5. TRAITS FONCTIONNELS DE TROIS ESPECES DE BRACHIARIA EN CLIMAT TROPICAL SEC: CONSEQUENCES SUR LEUR INTERET AGRONOMIQUE .....</b>	<b>143</b>
8.1	INTRODUCTION .....	147
8.2	MATERIELS ET METHODES.....	148
8.2.1	Dispositif Expérimental et Traitements Agronomiques Testés.....	148
8.2.2	Traitements et Matériel Végétal Utilisé de Brachiaria et Mil.....	148
8.2.2.1	Les espèces de <i>brachiaria</i> utilisées .....	149
8.2.2.2	La variété de mil utilisée .....	149
8.2.3	Dispositif Expérimental.....	150
8.2.4	Pratiques Culturelles du Mil et du Brachiaria .....	150
8.2.4.1	Itinéraire technique du mil.....	150
8.2.4.2	Itinéraires technique du <i>brachiaria</i> .....	151
8.2.5	Mesures de biomasses aériennes de <i>brachiaria</i> et du mil .....	151
8.2.5.1	Mesure des biomasses aériennes de <i>brachiaria</i> .....	151
8.2.5.2	Mesure du rendement du mil pour les campagnes 2015/2016 et 2016/2017 .....	151
8.2.6	Etudes des racines.....	152
8.2.6.1	Profil racinaires à partir de comptages de racines sur un profil de sol .....	152
8.2.6.1.1	Principe de la méthode : comptages d'impacts racinaires sur un profil de sol.....	152
8.2.6.1.2	Estimation de la longueur volumique racinaire (LVR) et du taux d'exploration du sol (TE) à partir des nombres d'impact par maille (NI) .....	153
8.2.6.1.2.1	Densité de longueur volumique.....	153
8.2.6.1.2.2	Distances entre les racines.....	153
8.2.6.1.2.3	Estimation du taux d'exploration du sol (PRER : Potential Root Extraction Ratio).....	154
8.2.6.2	Prélèvements globaux des trois espèces de brachiaria .....	155
8.2.6.2.1	Principe de la méthode .....	155

8.2.6.2.2	Modalités de mise en œuvre et calculs .....	156
8.2.7	Etude du taux de survie des brachiarias en saison sèche .....	156
8.2.8	Analyse des données statistiques .....	156
8.3	RESULTATS .....	156
8.3.1	Pluviosité pendant l'expérimentation .....	156
8.3.2	Parties aériennes de <i>brachiaria</i> .....	157
8.3.3	Biomasses Sèches des Parties Aériennes de Brachiaria Pendant la Saison des Pluies 2016 .....	159
8.3.4	Rendement du Mil en Association (Mil/Brachiaria) ou en Culture Pure .....	160
8.3.5	Profils Racinaires à Partir des Comptages d'Impacts.....	162
8.3.5.1	Résultats 2015 .....	162
8.3.5.2	Résultats 2016 .....	163
8.3.5.3	Ajustement des PRER en fonction de la profondeur à des modèles linéaires.....	166
8.3.6	Biomasses Racinaires en Fin de Saison des Pluies 2015 .....	167
8.4	DISCUSSION.....	168
8.4.1	Biomasses Aériennes du Mil et du Brachiaria.....	169
8.4.2	Profils de Longueurs Racinaires (RLD) et de Taux d'Exploration Racinaires .....	169
8.4.3	Biomasses Racinaires et Comparaison avec les Résultats de Longueurs .....	170
8.4.4	Aptitude du Système Racinaire à Fournir de l'Eau et à Produire de la Biomasse .....	170
8.4.5	Intérêt Agronomique en Climat à Longue Saison Sèche des Brachiaria Étudiées.....	171
8.5	CONCLUSION .....	172
<b>9</b>	<b>CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES .....</b>	<b>173</b>
	<b>REFERENCES .....</b>	<b>177</b>

<b>ANNEXES</b>	.....	194
ANNEXE 1	Liste des équipements agricoles acquis par la dmer de 2012 a nos jours .....	195
ANNEXE 2	Circulaire de la MAER/DMER fixant les conditions de cession des matériels agricoles motorisés du programme de coopération brésilienne «Plus (+) d'Aliments ».....	197
ANNEXE 3	Comparaison des prix de vente industriel et artisanal de certaines pièces de rechange du semoir Super Éco.....	206
ANNEXE 4	Prix de cession des matériels agricoles du programme d'équipement du monde rural durant la période 2014/2015.....	208
ANNEXE 5	Effectif de total des chefs d'exploitation agricole du Sud du Bassin Arachidier enquêtés.....	209
ANNEXE 6	Pignons satellitaires de 10 (en haut) et 16 (en bas à gauche) dents issus de pont de véhicule qui sont utilisés comme mécanisme de distribution pour le second type de semoir artisanal .....	211
ANNEXE 7	Liste de l'équipement de travail disponible dans l'atelier de l'Artisan.....	212
ANNEXE 8	Diverses taxes appliquées aux différentes matières premières utilisées dans la construction de matériels agricoles au Sénégal.....	213
ANNEXE 9	Coût de production du semoir de semis direct sous couvert végétal permanent version Super Éco .....	214
ANNEXE 10	Table de performances de l'âne, du cheval et du bovin Zébu .....	217
ANNEXE 11	Modifications des dimensions du prototype de semoir semis direct sous couvert végétal permanent comparées avec le semoir Super Éco.....	219
ANNEXE 12	Séance de travail avec le semoir SDCVP-éco sur parcelle de couverture végétale à la station de recherche ISRA -Nioro du Rip au Sénégal.....	220
ANNEXE 13	Prix de vente des matériels agricoles de fabrication artisanale dans le Sud du Bassin Arachidier .....	221
ANNEXE 14	Analyses de sol effectuées sur le dispositif expérimental .....	222
ANNEXE 15	Difficultés rencontrées lors de l'étude.....	223

## **I. PREÂMBULO**

Optou-se pela inserção deste item para contextualizar a situação que levou a proposição desta tese.

A atividade agropecuária do Senegal, como de toda a região Sub-Sahariana, passa por uma situação delicada, devido à pressão exercida pelo interesse de intensificação da atividade, numa realidade sócio-econômica e fundiária peculiar e com importantes indícios de degradação do meio ambiente causado pelos sistemas de produção adotados tradicionalmente. A possibilidade de expansão da atividade pela incorporação de novas áreas é nula!

As relações sociais de toda esta região são complexas, estáveis e consolidadas, que se distinguem significativamente dos padrões das sociedades que exercem agropecuária econômica e reconhecidas por intensificarem e tecnificarem sua atividade. Esta organização social deve ser absolutamente considerada, respeitada e preservada em qualquer abordagem ou proposta que se queira introduzir. Infelizmente, não é esta realidade que se encontra nos inúmeros projetos de cunho internacional desenvolvidos na região e é nisto que esta tese pretende inovar. Traz um componente de reconhecimento destas relações sociais existentes e caracteriza a restrição climatológica da região, permitindo que se tenha uma visão mais clara da situação e da realidade tratada.

O fundamento é definir os parâmetros para desenvolver o Sistema Plantio Direto adequado para a região, com base nas suas três premissas básicas:

- 1- mínima mobilização do solo, apenas no momento da semeadura para abertura de sulco ou cova o que preserva a umidade do solo e permite a antecipação do calendário agrícola;
- 2- manutenção de uma cobertura de solo permanente, preferencialmente viva, para reciclar nutrientes e favorecer um enraizamento mais profundo com mais acesso à umidade, protegendo a superfície do solo da irradiação solar;
- 3- aumento da diversidade vegetal com vistas a selecionar espécies com maior resistência ao período seco e maior período de vegetação.

A estas, se inclui a quarta específica para a região:

- 4- preservação das relações sociais e dos hábitos dos produtores, para reduzir a possibilidade de geração de conflitos de interesses e para que os benefícios advindos atendam a coletividade.

Em suma, pretende-se que haja maior produção de biomassa vegetal, que atenderá aos seguintes interesses, em ordem de prioridades: aumentar a disponibilidade de alimento e de

outros produtos agrícolas às famílias, aumentar a disponibilidade de alimentos aos animais e proteger e reciclar nutrientes ao solo.

A proposta é que as inovações sejam introduzidas de forma lenta e gradual, sempre respeitando a receptividade das famílias e das comunidades, iniciando-se pela mecanização agrícola, porém sem introdução de novos equipamentos. As alterações serão adaptadas em equipamentos tradicionais e consideram a capacidade local de incorporar estas alterações, para que se dê independência às comunidades. Em seguida, faz-se a seleção de espécies vegetais, que atendam ao interesse explanado anteriormente.

Pretende-se que esta Tese possa trazer alguns parâmetros que auxiliem os diversos projetos que se desenvolvem na região. Visando atender ao interesse do público principal, será apresentada no idioma oficial do Senegal, Francês, e composta por 5 artigos distintos, mas que se articulam.

## **PRÉAMBULE**

Nous avons choisi d'insérer cet item pour contextualiser la situation qui a conduit à la proposition de cette thèse.

L'activité agricole du Sénégal, comme dans toute la région sub-saharienne, connaît une situation délicate, en raison de la pression exercée par l'intensification de l'activité, dans une situation socio-économique et foncière particulière et avec des signes importants de dégradation de l'environnement par les systèmes de production traditionnellement adoptés.

La possibilité d'expansion de l'activité par l'incorporation de nouvelles zones est nulle!

Les relations sociales de toute cette région sont complexes, stables et consolidées, qui diffèrent sensiblement des modèles de sociétés qui pratiquent l'agriculture économique et sont reconnues pour intensifier et moderniser leur activité. Cette organisation sociale doit être absolument considérée, respectée et préservée dans toute approche ou proposition que l'on souhaite introduire.

Malheureusement, ce n'est pas cette réalité que l'on retrouve dans les nombreux projets internationaux développés dans la région et c'est ce que cette thèse entend innover. Il apporte une composante de la reconnaissance de ces relations sociales existantes, caractérise la restriction climatologique de la région, permettant une vision plus claire de la situation et de la réalité traitée.

La raison d'être est de définir les paramètres pour développer le SDCVP adapté à la région basés sur les 3 prémisses de base qui visent :

1 - La mobilisation minimale du sol, seulement au moment du semis pour ouvrir le sillon ou la fosse, qui préserve l'humidité du sol et permet l'anticipation du calendrier agricole ;

2- Le maintien d'une couverture végétale permanente, de préférence vivante, pour recycler les nutriments et favoriser un enracinement plus profond avec un meilleur accès à l'humidité, protégeant la surface du sol de l'irradiation solaire ;

3 – L'Augmentation de la diversité végétale pour sélectionner les espèces les plus résistantes à la période sèche et pour augmenter la période de végétation.

À ceux-ci, est inclus le quatrième spécifique pour la région :

4- La préservation des relations sociales et des habitudes des producteurs, pour réduire la possibilité de générer des conflits d'intérêts et ainsi que les bénéfices qui viennent au service du collectif.

En somme, il est nécessaire d'augmenter la production de biomasse végétale qui répondra aux priorités suivantes: augmenter la disponibilité de nourriture et d'autres produits agricoles pour

les familles, augmenter la disponibilité de nourriture pour les animaux et protéger le sol et recycler les nutriments.

La proposition est que les innovations soient introduites lentement et progressivement, en respectant toujours la réceptivité des familles et des communautés, en commençant par la mécanisation agricole, mais sans introduire de nouveaux équipements. Les changements seront adaptés dans l'équipement traditionnel et considéreront la capacité locale à incorporer ces changements, de sorte que les communautés soient indépendantes. Ensuite, l'introduction de la sélection des espèces végétales qui répondent à l'intérêt précédemment expliqué.

Il est prévu que cette thèse apporte des paramètres qui aideront les différents projets développés dans la région. Afin de répondre au principal intérêt du public dirigé, il sera présenté dans la langue officielle du Sénégal, le français et est composé de 5 articles distincts mais articulés.

## **PREAMBLE**

We chose to insert this item to contextualize the situation that led to the proposition of this thesis.

Senegal's farming activity, as in the entire sub-Saharan region, is undergoing a delicate situation, due to the pressure exerted by the intensification of the activity, in a peculiar socio-economic and land tenure situation and with important signs of environmental degradation caused by the farm systems traditionally adopted. The possibility of expansion of the activity by the incorporation of new areas is null! The social relations of this whole region are complex, stable and consolidated, which differ significantly from the patterns of societies that exercise economic farming and are recognized for intensifying and modernizing their activity. This social organization must be absolutely considered, respected and preserved in any approach or proposal that will be introduced. Unfortunately, it is not this reality that is found in the numerous international projects developed in the region and this is what this thesis intends to innovate. It brings a component of recognition of these existing social relations, characterizes the climatological restriction of the region, allowing a clearer vision of the situation and the reality treated.

The proposition is to define the parameters to develop the No-Till System suitable for the region, based on the 3 basic premises that aim:

- 1 - Minimal mobilization of the soil, only at the time of sowing to open furrow or pit, which preserves the soil moisture and allows the anticipation of the agricultural calendar;
- 2- Maintenance of a permanent soil cover, preferably alive, to recycle nutrients and favorizing a deeper rooting with more access to humidity, protecting the surface of the soil to the solar irradiation;
- 3 - Increase of plant diversity to select species with greater resistance to the dry period and to increase the period of vegetation.

To these, is included the fourth specific for the region:

- 4- Preservation of the social relations and the habits of the producers, to reduce the possibility of generating conflicts of interests and so that the benefits that come to attend the collective.

In sum, there is a need to increase the production of plant biomass that will meet the following priorities: increase the availability of food and other agricultural products to families, increase the availability of food to animals and protect and recycle nutrients to the soil.

The proposal is that innovations are introduced slowly and gradually, always respecting the receptivity of families and communities, starting with agricultural mechanization, but without

introducing new equipment. The changes will be adapted in traditional equipment and consider the local capacity to incorporate these changes, so that the communities are given independence. Then, the introduction of the selection of plant species that meet the interest previously explained.

It is intended that this thesis may bring some parameters that will help the various projects that are developed in the region. In order to meet the interest of the main public, it will be presented in the official language of Senegal, French, and composed of 5 distinct but articulate articles.

## 1. INTRODUCTION GENERALE

Au Sénégal, le Sud du Bassin Arachidier plus précisément le département de Nioro du Rip se caractérise par des contrastes forts entre une période sèche et chaude faisant suite à une période de pluies importantes où le drainage et le ruissellement atteignent des valeurs élevées aboutissant à une érosion hydrique intense combinée à une érosion éolienne (Piéri, 1969). Les conditions climatiques sont propices au développement de l'érosion; 28% des précipitations ont lieu alors que la végétation et, en particulier, les cultures, n'étaient pas totalement installées ne permettant pas d'assurer ainsi une protection efficace contre "l'effet splash" (Piéri, 1969 ; Sène et Diatta, 1990 ; Bayala *et al.*, 2009). Dans cette zone, l'érosion hydrique est interne (lixiviation et lessivage) et externe (battance et transport); cette dernière se manifeste par des atterrissements importants dans les marigots, un glaçage et le litage superficiel des sols cultivés, des rigoles et ravins d'érosion parfois très marqués tels ceux du marigot de Nioro du Rip et en particulier le ravin de 1 m de profondeur (Piéri, 1969) et aujourd'hui de plus de 3 m situé à l'extrémité sud-ouest de la station de recherche agronomique ISRA<sup>1</sup> de Nioro du Rip.

Dans le bassin arachidier, la dégradation des formations végétales naturelles s'accroît avec la surexploitation des terres et la pression foncière (Perez et Sène, 1994). Cette dégradation provient aussi des phénomènes migratoires et de la nature des droits fonciers où la zone d'activité agricole intensive rémunératrice attire les migrants des terroirs voisins moins favorisés. A mesure que les densités de population augmentent, des terres de plus en plus marginales sont cultivées jusqu'à ce que le terroir soit saturé et les possibilités de restitution par la jachère réduites, voire anéanties (Ndour, 2001).

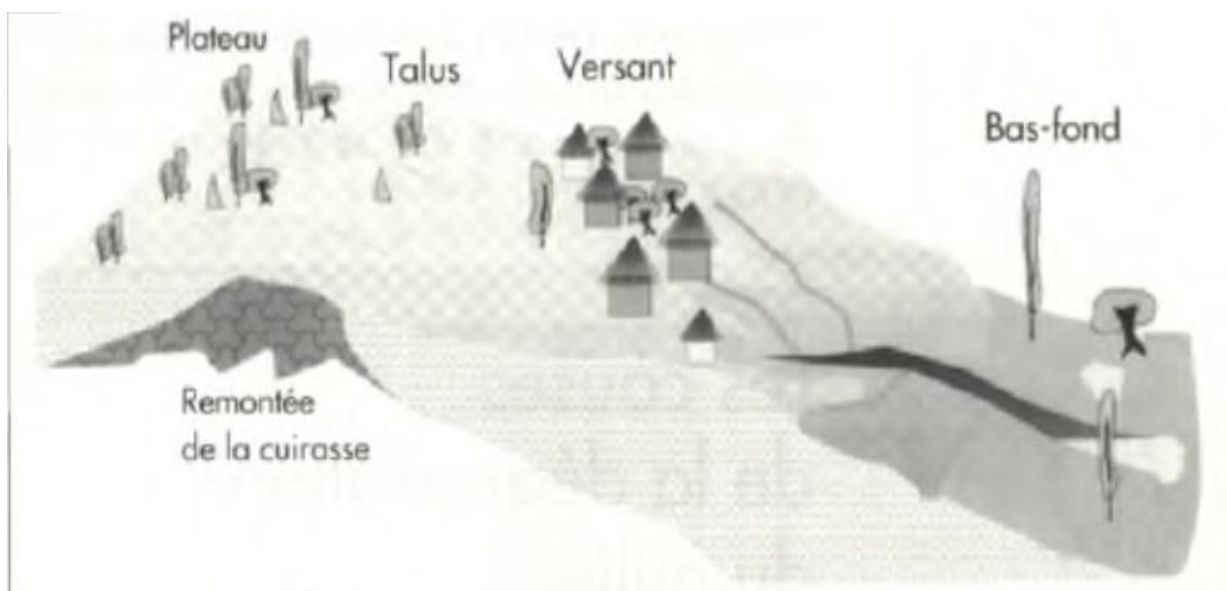
---

<sup>1</sup> ISRA : Institut Sénégalais de Recherches Agronomiques

**Figure 1** – Schéma de la structure morphopédologique du milieu. Processus de ruissellement et d'érosion le long d'un versant du Sine Saloum (Source : Perez et al., 1996)

**Figure 1** – Map of the morphopedological structure of the environment. Runoff and erosion process along a slope of Sine Saloum (Source : Perez *et al.*, 1996)

**Figura 1.** Esquema da estrutura morfopedológica do meio. Processos de escoamento superficial e de erosão numa vertente de Sine Saloum (Fonte: Perez et al., 1996)



L'érosion hydrique est associée aux effets conjugués de facteurs naturels, climatiques essentiellement et anthropiques (entre autres les coupes abusives du bois, la mauvaise gestion des pâtures et les pratiques de feu de brousse) qui dégradent les sols tant physiquement (érosion hydrique et éolienne) que chimiquement (baisse de fertilité des sols) (Albergel *et al.*, 1995 ; Faye, 2005 ; Bèye *et al.*, 2012).

Près de 50% des terres arables souffrent à des degrés divers de l'érosion des sols et de la baisse de fertilité (matière organique du sol, disponibilité des nutriments, activité biologique) et à l'horizon 2025, les deux tiers des terres cultivées d'Afrique pourraient devenir effectivement improductives (CIRAD<sup>2</sup>, 2013).

La dégradation des sols se traduit par une baisse de leur fertilité puis par une perte de leur structure dans les zones cotonnières et arachidières d'Afrique de l'Ouest ayant connu un réel développement industriel et une forte progression de l'utilisation de la traction animale depuis une trentaine d'années (Fauck, 1956 ; Fournier, 1958 et 1960 ; Roose, 1977 cité par Ndour, 2001 ; Piéri, 1982b et 1989).

<sup>2</sup> CIRAD : Centre de coopération Internationale pour la Recherche Agronomique et Développement

Cette dégradation des sols réduit les potentialités de production et ralentit les activités socio-économiques (abandon de parcelles, isolement des pistes de production, baisse de la fertilité des sols, accident parfois, diminution des revenus et exode rural des jeunes, etc...).

Cette situation est connue des paysans sénégalais qui ont eu recours à l'application de fumure organique ou épandage d'excréments d'animaux dans le champ, le paillage ou l'épandage d'herbe dans le champ, mais aussi à des méthodes traditionnelles d'aménagement anti-érosifs comme l'utilisation de cordons pierreux ou alignement de pierres suivant les courbes de niveau (Capes<sup>3</sup>, 2005). La recherche agricole a accompagné les agriculteurs en mettant en place plus d'une vingtaine de techniques de lutte contre l'érosion et d'amélioration de la fertilité des sols (Boscher, 1994 cité par Sow, 1995).

Un cri d'alerte nous est donné par Sara et Satya (1997) selon ces termes « D'ici l'an 2020, la dégradation des sols pourrait constituer une grave menace mettant en danger la production alimentaire et les moyens d'existence des ruraux, notamment dans les régions pauvres et de forte démographie dans le monde en développement. Des mesures appropriées sont exigées pour encourager les investissements pour la mise en valeur et l'amélioration de la gestion des sols afin que les pays en développement puissent remplir, durablement, les besoins alimentaires de leurs populations ».

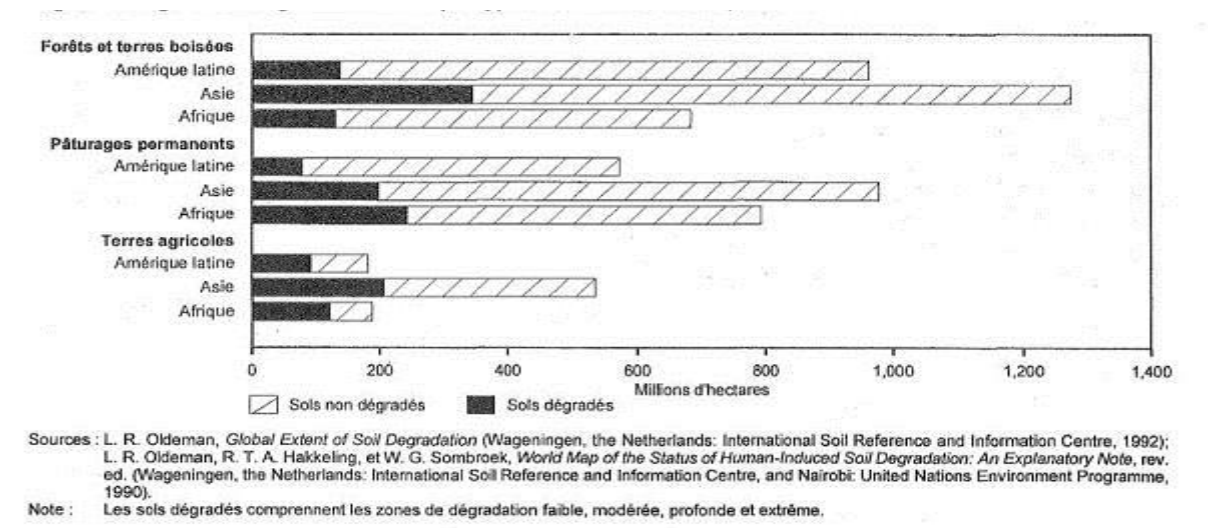
---

<sup>3</sup> CAPES : Centre d'Analyse des Politiques Économiques et Sociales

**Figure 2** – Dégradation régionale des sols par type d'utilisation des sols 1945-1990 (Sara et Satya, 1997)

**Figure 2** – Regional soil degradation by land use type 1945-1990 (Sara et Satya, 1997)

**Figura 2** – Degradação do solo em diferentes regiões em diferentes formas de utilização (Fonte: Sara e Satya, 1997)



Cette prédiction de Sara et Satya (1997) sur la dégradation des sols du monde est visible en Afrique dans des pays comme le Mali, le Burkina, le Niger, le Nord du Bénin et le Sénégal où plus de 30 ans de recherches sur le ruissellement et l'érosion ont été menées par la CIRAD et l'ORSTOM<sup>4</sup> (Roose, 1987).

Certains auteurs (Roose 1987 ; Roose *et al.*, 1993 ; Valet, 1999 et 2011) jugent que les techniques mécaniques de lutte contre l'érosion hydrique comme les terrasses de diversion des eaux de ruissellement vers les exutoires aménagés (Bennet, 1939 ; FAO<sup>5</sup>, 1967 ; Hudson, 1973 ; CTFT<sup>6</sup>, 1980 cité par Roose, 1987) sont considérées comme des échecs. En effet, selon ces derniers, « En Afrique du Nord et du Sud, les techniques de lutte anti-érosive (LAE<sup>7</sup>, DRS<sup>8</sup>, CES<sup>9</sup>, PHPO<sup>10</sup>, PDRPO<sup>11</sup>) ont été développées après leurs échecs successifs pour différentes raisons : leur coût, la difficulté à les installer, leur inefficacité ou leurs effets pervers très nuisibles, la méconnaissance du contexte pédoclimatique complexe ».

<sup>4</sup> ORSTOM : Office de la recherche scientifique et technique outre-mer, actuel IRD : Institut de recherche pour le développement

<sup>5</sup> FAO : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture

<sup>6</sup> CTFT : Centre Technique Forestier Tropical.

<sup>7</sup> LAE = Lutte Anti-Erosive

<sup>8</sup> DRS= Défense et Restauration des Sols

<sup>9</sup> CES= Conservation des Eaux et des Sols

<sup>10</sup> PHPO= Projet pour les Hauts Plateaux de l'Ouest

<sup>11</sup> PDRPO= Projet de Développement Rural de la Province de l'Ouest

Mais dans d'autres pays de l'Afrique de l'Ouest comme le Burkina, les aménagements anti-érosifs sont fortement adoptés par les producteurs. De même le travail à la dent (la dent IR 12 au Burkina) en condition de sol sec est utilisé afin de réduire le ruissellement tout en favorisant l'infiltration des eaux de pluies avant l'installation des cultures coïncidant avec le début de l'hivernage (Fabekouré, 2000).

Certains pays de l'Afrique comme par exemple le Madagascar n'échappent pas au phénomène de dégradation des sols malgré tous les paquets technologiques (physique ou biophysique) développés par la Recherche qui sont considérés par les paysans comme inadéquats à leur besoin ou inappropriés à leur condition pédoclimatique et socio-économique de leur localité (Ratsivalaka, 2007).

Cette situation est-elle due à des dispositifs de recherche-développement et de développement inadaptés, ou encore à une prise en compte insuffisante des besoins et attentes des agriculteurs (Albergel *et al.*, 1995). Pour certains (CAPES, 2005), la non prise en compte du savoir local paysan est une des raisons de la non adoption de nombreux paquets techniques vulgarisés.

## **2 JUSTIFICATIF**

### **2.1 MANIFESTATION DE LA DEGRADATION DES TERRES DANS LE SUD DU BASSIN ARACHIDIER**

Le sud du bassin arachidier est caractérisé par un climat soudano-sahélien comprenant un relief plus ou moins accidenté suivant généralement une toposéquence dont la pente moyenne est de 1 à 2 % (Bayala *et al.*, 2009 ). La région de Nioro correspond typiquement à une zone où les pertes par ruissellement sont élevées, de l'ordre de 30 % des cumuls pluviométriques annuels (Perez *et al.*, 1996 cité par Bayala *et al.*, 2009). Ce ruissellement combiné au ramassage et à la brûlure des résidus de récolte prédispose les champs généralement situés sur des pentes à une sérieuse érosion (Bayala *et al.*, 2009 ; Mbodj, 1987). Le remplacement de la couverture végétale dans cette zone entraîne une augmentation du ruissellement, qui passe de l'indice 1 à 16,5 en jachère à 21 sous cultures et 39,5 sur sol nu.

Le système de culture (rotation mil arachide) s'appuie sur la traction animale pour les travaux du sol, de semis, d'entretien des cultures, mais aussi de récolte de l'arachide et de transport. Il est basé sur une exploitation intense de la parcelle de culture sans apport d'engrais minéral ou de matière organique (Perez et Sène, 1994).

L'intensification de la culture de l'arachide à l'époque coloniale où l'administration coloniale était soutenu par différentes politiques : le défrichement et la

colonisation des terres vierges, l'impôt de capitation qui favorise la monétarisation de l'économie, les travaux forcés, l'importation de main d'œuvre saisonnière et pour la récolte (navétanes et firdou) des régions et des colonies périphériques. Elle a entraîné l'expansion des sols arables et la déforestation qui ont eu pour conséquence une modification des rapports de production interne amorçant l'affaiblissement de la cohésion de l'unité familiale de production et se traduisant aussi par un épuisement et une dégradation des sols (Faye, 2005).

Selon Roose (1987), les causes principales de la dégradation des terres sont les pressions démographiques (trop forte charge en homme et gros bétail pour une potentialité de production très variable) et socio-économiques (extension des surfaces défrichées, dessouchées et labourées mécaniquement en vue de cultures industrielles ou vivrières, surpâturage, réduction de la jachère, feux de brousse, etc...). Le défrichement et le dessouchage encouragés activement par le gouvernement sénégalais et la SODEVA<sup>12</sup>, son organe de vulgarisation ont été perçues à l'époque comme indispensables à l'intensification de l'agriculture et à l'expansion de la monoculture de l'arachide et l'abandon de la jachère au niveau du Bassin arachidier (Ndour, 2001). C'est pourquoi, selon Piéri (1989) cité par Séné (1997), l'intensité de la jachère (durée et superficies), une vieille pratique développée dans les systèmes de culture en Afrique, a fortement baissé à cause de l'extension des surfaces cultivées favorisée par la mécanisation et la pression démographique. Cette réduction des superficies et du temps de jachère favorise la baisse de fertilité des sols.

Cette situation menace gravement la reproductibilité des systèmes de production et leur capacité à subvenir aux besoins des populations.

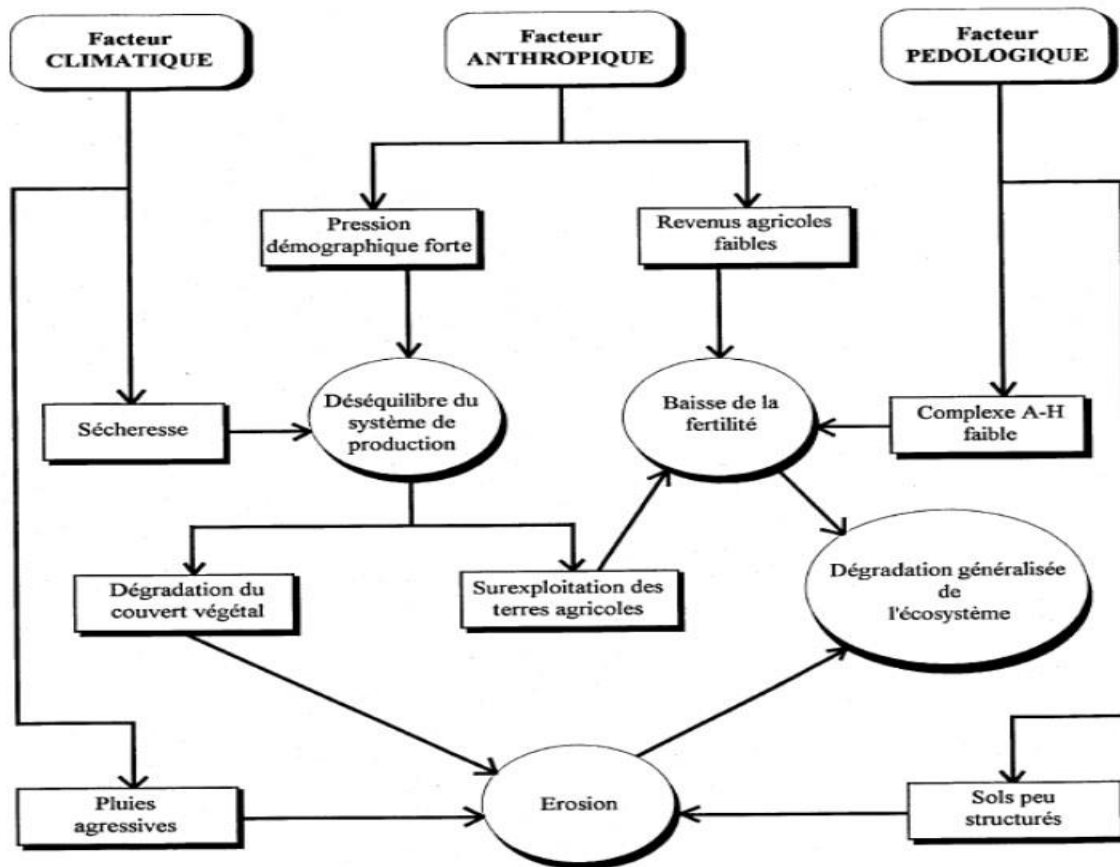
---

<sup>12</sup> SODEVA = Société de Développement et de Vulgarisation Agricole

**Figure 3** – Schéma général de la dégradation de l'écosystème du Sud Saloum (d'après Perez et Sène, 1994)

**Figure 3** – General outline of the degradation of the South Saloum ecosystem (Source : Perez et Sène, 1994)

**Figura 3** – Diagrama geral da degradação do ecossistema em Saloum do Sul (Fonte: Perez e Sene, 1994)



## 2.2. MISE EN VALEUR DES TERRES DANS LE SUD DU BASSIN ARACHIDIER

### 2.2.1. L'Organisation de L'espace Agricole Au Niveau Terroir

A l'heure actuelle dans le bassin arachidier, l'espace agricole est organisé en deux zones concentriques (Pélissier, 1966 cité par Diangar 2008) : le Tol Kër et le Tol Jati. Le tol Kër est plus proche des habitations ou des champs de case où est généralement cultivé le mil est le plus fertile car bénéficiant des apports d'ordures ménagères et du fumier de parcage des animaux domestiques en saison sèche. Le tol Jati constitue les champs de brousse où sont cultivés en rotation le mil, l'arachide, le niébé, le maïs et le sorgho selon la zone agroécologique. Ces parcelles sont entrecoupées de jachère ou de terrains de parcage du bétail pendant la saison des pluies.

Avec les modifications de l'espace agraire par l'accroissement de la population, la traction animale et la loi sur le domaine national de 1964<sup>13</sup> et du décret de 1972<sup>14</sup>, le tol Gor qui jadis regroupait les parcelles de défriche dans le domaine pastoral périphérique se confond au Tol Jati qui occupe ainsi l'essentiel des sols du terroir (Sow, 1995).

Cette nouvelle occupation de l'espace agraire dans le bassin arachidier où les populations sont sans cesse à la recherche de terre et pratiquent la culture de l'arachide par la mécanisation à grande échelle est à l'origine de la disparition de la jachère qui a été constaté par de nombreux auteurs comme Ndour (2001) et Diangar (2008).

---

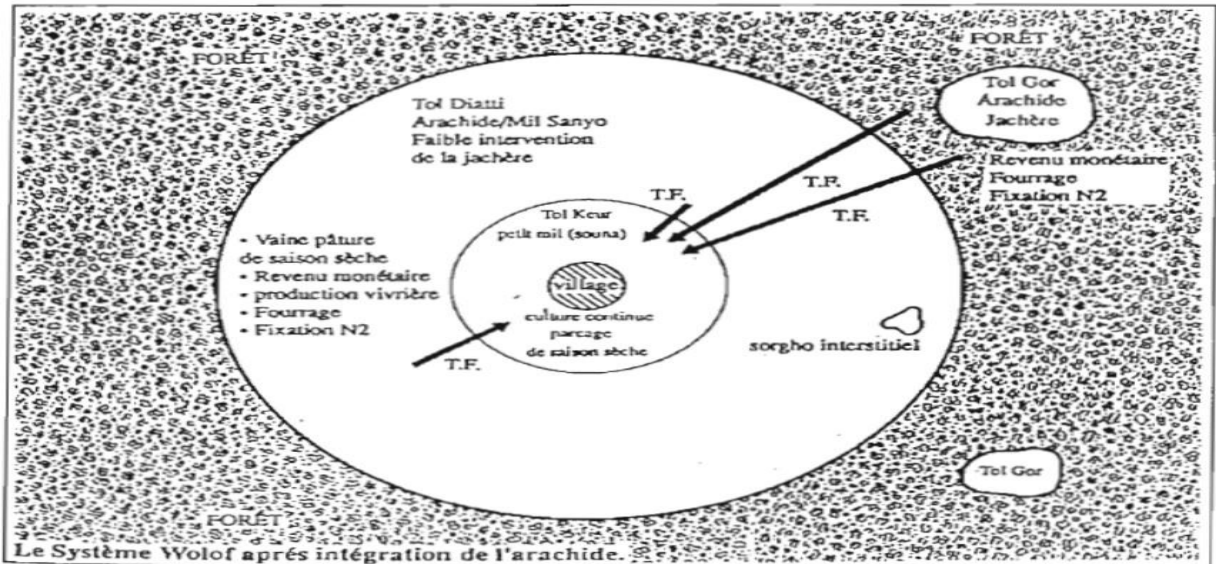
<sup>13</sup> Loi sur le Domaine National : c'est la loi numéro 64-46 du 17 juin 1964, relative au domaine national constitué des zones urbaines, zones classées, zones des terroirs et zones pionnières. Cette loi reconnaît aux paysans un droit d'usage sur les terres qu'ils mettent en valeur et appartenant aux zones des terroirs, c'est-à-dire « les terres qui sont régulièrement exploitées par l'habitant rural, la culture ou l'élevage (Journal Officiel, 1964).

<sup>14</sup> Le décret n° 72-1288 du 27 octobre 1972, relatif aux conditions d'affectation et de désaffectation des terres du domaine national comprises dans les communautés rurales, modifié par les décrets n° 80-1051 du 14 octobre 1980 et 86-445 du 10 avril 1986 (Journal officiel N° 4260, p. 1894). Le décret n° 72-1288 du 27 octobre 1972, relatif aux conditions d'affectation et de désaffectation des terres du domaine national comprises dans les communautés rurales, modifié par les décrets n° 80-1051 du 14 octobre 1980 et 86-445 du 10 avril 1986 (Journal officiel N° 4260, p. 1894).

**Figure 4** – Le système agraire wolof traditionnel. T.F (transferts de fertilité) (Source : Perez et Sène, 1994 ; d’après Angé, 1991 et d’après Pelissier, 1966)

**Figure 4** – The traditional Wolof agrarian system. T.F (fertility transfers) (Source : Perez et Sène, 1994 ; by Angé, 1991 et by Pelissier, 1966)

**Figura 4** – O sistema agrário Wolof Tradicional. T.F. (transferência de fertilidade) (Fonte: Perez et Sène, 1994 ; Angé, 1991 ; Pelissier, 1966).



### 2.2.2. L’accessibilité au foncier dans le Sud du Bassin Arachidier

Par le passé, les terres étaient obtenues par défrichement, ce qui donnait le droit de propriété aux membres de la communauté lignagère. Ainsi, la plupart des paysans-agriculteurs ont acquis leurs terres par héritage, ce qui ne les empêche pas de pouvoir louer ou prêter des terres à d’autres paysans qui en cherchent. Les nouveaux arrivants dans les villages pouvaient avoir des parcelles de cultures par l’intermédiaire du chef de village (Diop, 2011) mais cette pratique tend à disparaître du fait de la saturation foncière.

Par conséquent, nous assistons de plus en plus à un phénomène inconnu auparavant, à savoir la location des terres. L’hectare est loué en moyenne à 15000 Fcfa/campagne (payable au moment des semis ou après la récolte selon les accords passés entre propriétaire et locataire), quelle que soit la culture pratiquée. Cette pratique est réservée à la frange des paysans-commerçants qui disposent du numéraire. La saturation foncière prive les femmes de parcelles de culture et le plus souvent elles ont moins de 0,5 ha concédé par leur époux. Leur revenu agricole étant insuffisant, elles s’adonnent à d’autres activités rémunératrices, telles que le petit commerce. La vente des terres, interdite par la législation foncière de la loi sur le domaine national de 1964 conformément au décret du 27 octobre 1972, est pratiquée, mais les paysans n’en parlent pas. Légalement la terre appartient à l’Etat

et ce sont les communautés rurales qui depuis la loi du 1996<sup>15</sup> ont la charge de gérer qui doivent en assurer la gestion.

Ainsi, le conseil rural qui est l'organe de délibération de la communauté rurale assure la gestion du domaine foncier au sein de la communauté rurale. Il a le droit d'affecter et de désaffecter des terres du domaine national, de tracer et matérialiser les parcours du bétail à l'intérieur de la communauté rurale.

En plus le foncier est régi par la loi sur le domaine national qui reconnaît aux paysans un droit d'usage sur les terres qu'ils mettent en valeur et appartenant aux zones des terroirs, c'est-à-dire les terres qui sont régulièrement exploitées par l'habitat rural, la culture ou l'élevage (Journal Officiel, 1964 cité par Diangar, 2008) d'où le paysan peut empêcher la désaffectation de son champ tant qu'il le cultive en continu.

### 2.2.3 La Relation entre L'Agriculture Et L'Elevage Dans Le Sud du Bassin Arachidier

Dans le Sud du Bassin Arachidier, l'élevage de type extensif correspond au système agro-pastoral sahélien à agriculture humide avec une intégration agriculture/élevage et une prédominance de l'arachide, malgré une plus grande diversification des céréales (sorgho, maïs) (ISRA, 1998a cité par Diangar, 2008). Les productions animales sont étroitement liées aux productions agricoles dans les exploitations agricoles pratiquant l'élevage (Bèye *et al.*, 2012). Les animaux (bovins, équins) fournissent la force de travail animale pour les cultures et les transports (Lhoste *et al.*, 2010). Ils apportent également le fumier, épandu chaque semaine sur les parcelles en saison sèche.

Les activités de l'élevage semi intensif ou amélioré procurent du lait permettant de rémunérer le berger, de la viande, la capitalisation ou la thésaurisation. Les troupeaux bénéficient quant à eux des résidus de récoltes : son de mil, tourteaux et fanes d'arachides (ces dernières sont généralement réservées aux chevaux). En saison sèche, ils se nourrissent des ressources fourragères disponibles localement provenant des aires de pâturage constituées essentiellement des terres incultes, des parcelles laissées en jachères, des parcours de bétail, des forêts classées et des forêts communautaires. La nuit, ils sont soit ramenés au village, soit mis au piquet sur les parcelles, ou dans un enclos mobile, afin qu'ils fertilisent le sol (« kralage<sup>16</sup> »).

<sup>15</sup> Article premier, loi N° 96-07 du 22 mars 1996, portant transfert de compétences aux régions, aux communes et aux communautés rurales, modifiée par les lois n° 2002-15 du 15 avril 2002 et n° 2004-21 du 25 août 2004 (Journal Officiel N° 5689, p. 0228).

<sup>16</sup> Stratégie paysanne consistant à parquer les animaux pour qu'ils fertilisent leurs champs.

De deux modes de gestion de l'élevage coexistent ; celui fondé sur la transhumance et celui confiné dans le terroir villageois. Dans le Sud du Bassin Arachidier, on assiste à une forte transhumance des bergers peuls venant des régions Nord du pays caractérisées par des conditions pluviométriques déficitaires. Ces transhumants sont à la recherche de zones fourragères et de points d'eau pour l'abreuvement de leurs troupeaux.

**Figure 5** – Déplacement des transhumances vers d'autres zones tout juste à l'approche de l'hivernage 2015/2016 au niveau de la région de Kaolack (Source : nos enquêtes)

**Figure 5** – Moving transhumance to other areas just before approaching the rainy season 2015/2016 at the Kaolack region (Source : our surveys)

**Figura 5** – Rebanhos em transumância antes da estação de chuvas de 2015/2016 na região de Kaolack (Fonte: o autor).



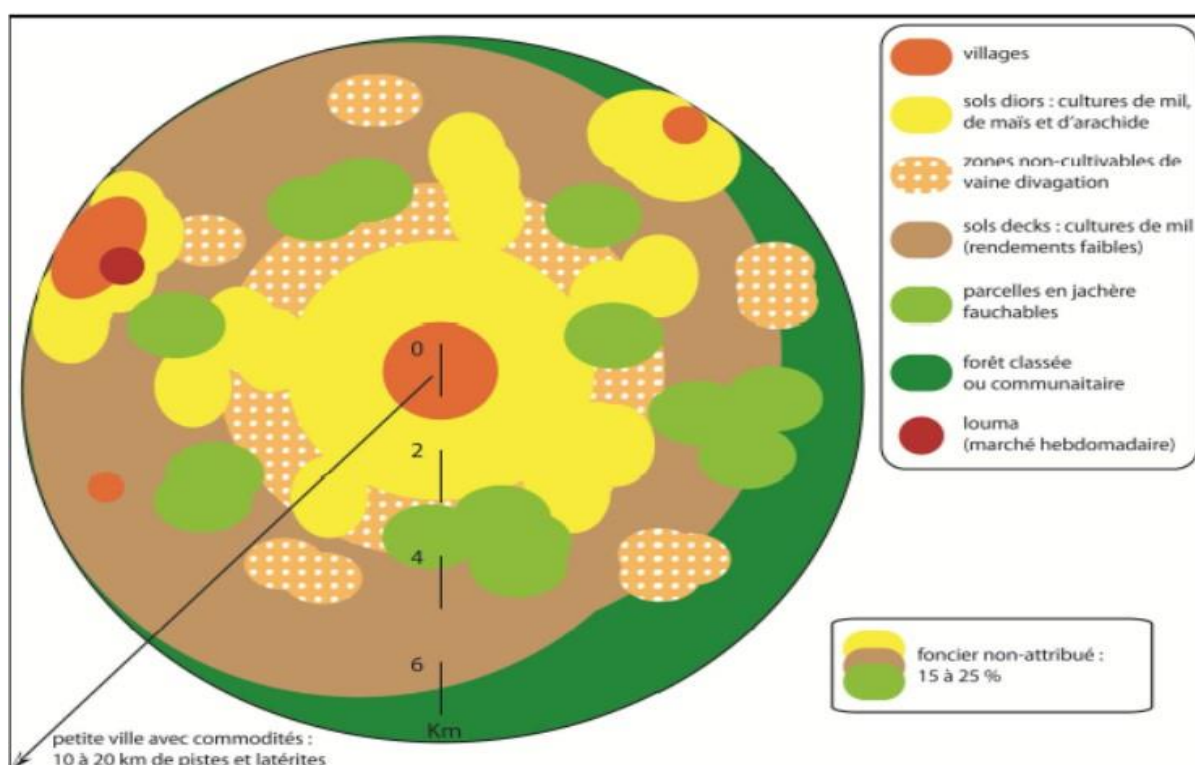
Leur arrivée dans le Sud du Bassin Arachidier, communiquée à travers les médias et par les affiches, est fixée par un arrêté émanant des autorités étatiques comme le gouverneur, le préfet ou le sous-préfet afin de permettre aux agriculteurs de pouvoir terminer les récoltes sans perturbation. A leur arrivée dans la zone, ils ont des interlocuteurs directs « Niatigué » ou des producteurs ou de chef de village qui les autorisent à parquer leurs troupeaux moyennant la fertilisation organique de leurs champs. Mais force est de constater que malgré ces mesures, ils peuvent exister des conflits entre eux dus à la divagation des animaux mais qui sont la plupart des cas réglés à l'amiable. En effet, l'arrivée de la transhumance coïncidant généralement avec la période de battage de l'arachide ce qui entraîne souvent des problèmes en agriculteurs et éleveurs où les meules d'arachide prévus pour le battage qui, stockés au champ, sont attaqués par le troupeau. Les champs terminés ou

abandonnés contenant des résidus de récolte vont servir d'aire de pâturage pour la transhumance et pour les éleveurs locaux.

**Figure 6** – Schéma d'occupation des sols dans un village –type (Source : Prêcheur, 2012)

**Figure 6** – Map of land use in a village –type (Source : Prêcheur, 2012)

**Figura 6** – Esquema da ocupação do solo de uma comunidade típica (Fonte: Prêcheur, 2012).



## 2.3 CARACTERISTIQUES DE STRUCTURE DES EXPLOITATIONS DU SUD DU BASSIN ARACHIDIER

### 2.3.1 Superficies Cultivées

Le Sud du Bassin Arachidier est considéré comme le grenier agricole du Sénégal dont les conditions pédoclimatiques permettent de cultiver le mil, l'arachide, le maïs, le sorgho, le niébé, le sésame et tout dernièrement le riz pluvial. Le mil, l'arachide et le maïs sont considérés comme **les cultures principales** puis viennent **les cultures secondaires** comme le niébé, le sorgho, le sésame et le riz pluvial.

**Le mil** est la spéculacion la plus cultivée du fait qu'il est rustique aux aléas climatiques et il exige peu de moyen ou peu d'investissement pour sa culture (peu ou pas intrant, peu ou pas de sarclage). La surface moyenne emblavée pour sa culture est de 3 ha par exploitation (Sarr, 2013).

**L'arachide** a été introduite dans le Bassin Arachidier par la métropole (la France) lors de la période coloniale. Actuellement, avec la fixation par l'Etat du prix de vente du kg de l'arachide à 200 Fcfa pour la campagne agricole 2014/2015 (Dakaractu, 2014) et

avec l'arrivée des agrobusiness Chinois sur la filière de l'arachide, une grande importance est accordée à la culture de l'arachide par les agricultures qui lui alloue une surface moyenne de 3 à 5 ha pour sa culture (Mané, 2008). De plus, l'arachide dont rien de la plante (gousses et fanes) n'est laissée dans la parcelle, est considérée comme une culture minière. Les graines vont servir de semences et d'huile tandis que les coques serviront d'aliment de bétail et du savon.

D'après Mané (2008), dans le Sud du Bassin Arachidier, il s'est développé un système agraire à caractère résolument extensif, à la recherche permanente d'espaces sans contrôle foncier, basé sur l'arachide (40% de l'assolement) et les céréales : mil (40% de l'assolement), et sorgho (10% de l'assolement). Le reste étant occupé par le maïs, et le niébé.

### 2.3.2 Traction Animale

La traction équine domine largement la traction asine et bovine dans toutes les exploitations agricoles du Sénégal (Diao, 2003 cité par Sarr, 2013). D'après une étude réalisée par le BAME<sup>17</sup> en 2011, en moyenne un (01) cheval et un (01) âne sont utilisés par exploitation (Sarr, 2013).

### 2.3.3 Equipements Agricoles

La vétusté du parc matériel agricole, évoqué dans les travaux de certains auteurs comme Gaye (1991), Sow (1995), Prêcheur (2012) et Sarr (2013), constitue une contrainte majeure à la mise en valeur des terres par les agriculteurs. Certains matériels comme les houes et les semoirs datent du programme agricole (P.A) de 1958 à 1980 et n'ont jamais été renouvelés.

Ainsi, à l'approche de l'hivernage les matériels agricoles sont sortis et sont amenés chez les artisans pour l'entretien et la maintenance afin d'assurer sa fonctionnalité. Au sein d'une exploitation agricole l'entre-aide et la solidarité sont de rigueur. En effet, les matériels (houe et semoir) sont utilisés à tour de rôle entre les membres de l'exploitation agricole.

Cette vétusté du parc matériel agricole a été prise en compte dans la politique agricole actuelle du gouvernement du Sénégal qui a mis en place en 2012 un important dispositif d'approvisionnement de matériels agricoles de culture attelée, motorisés et de transformations à travers toute l'étendue du terroir afin de redynamiser et de moderniser

---

<sup>17</sup> BAME : Bureau d'Analyse Macro-économiques de l'ISRA qui est une unité de recherche en économie et en sciences sociales pour mieux comprendre les transformations du monde rural sénégalais.

l'agriculture sénégalaise. Cette mission a été confiée au Ministère de l'Agriculture et de l'Équipement Rural (MAER) à travers sa Direction de la Modernisation de l'Équipement Rural (DMER) et elle concerne le programme PRACAS<sup>18</sup> financé par l'État du Sénégal à hauteur de 5 milliards FCFA par an pendant au moins 5 ans et le programme de plus (+) d'aliment financé par la République Fédérative du Brésil pour un montant de 42 milliards FCFA (annexe 1). L'ensemble de ces équipements agricoles proviennent d'Europe ou d'Amérique du Sud. Ils sont subventionnés à hauteur de 60% sur le prix hors taxe (HTVA).

**Figure 7** – Kit d'équipement agricole motorisé composé d'un tracteur et de ses accessoires destiné à un producteur en partance vers le Centre-Sud du Sénégal (Source : nos enquêtes)

**Figure 7** – Kit of motorized agricultural equipment composed of a tractor and its accessories intended for a producer going towards Center-South of Senegal (Source : our surveys)

**Figura 7** – Conjunto motomecanizado com trator e implementos destinado a um produtor do Centro Sul do Senegal (Fonte: o autor).



#### 2.4 LE CALENDRIER AGRICOLE DANS LE SUD DU BASSIN ARACHIDIER

La saison pluvieuse dans le Sud du Bassin Arachidier dure trois à cinq mois entre juin et octobre. Cette région se situe entre les isohyètes 700 et 1000 mm. Les températures moyennes annuelles sont de 28 à 30 °C. Les mois les plus chauds sont ceux d'octobre et mai, les plus froids sont décembre et janvier. La moyenne de l'évapotranspiration potentielle (ETP) est de 1800 mm/an (Iyamuremye *et al.*, 2000 cité par Bayala *et al.*, 2009).

<sup>18</sup> PRACAS : Programme d'Accélération de la Cadence de l'Agriculture Sénégalaise

Les travaux agricoles en condition pluviale sont calés entre mai et octobre avec une forte utilisation de la traction animale pour le travail du sol, le semis et les sarclages (Havard et Le Thiec, 1996).

**Figure 8** – Calendrier d’exécution des travaux agricoles mécanisés dans le Sud du Bassin Arachidier (Havard, 1993)

**Figure 8** – Timetable for mechanized agricultural work in the South Peanut Basin (Havard, 1993)

**Figura 8** – Calendário das operações agrícolas na Bacia do Amendoim Sul (Fonte: Havard, 1993)

	avril	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	
Saison des pluies			—————						
Travail du sol		Grattage en sec	puis en humide						
Semis		Mil à sec	arachide, maïs en humide						
Sarclage/Buttage		Radou	sarclage, binage, buttage						
Récoltes						Soulevage arachide			

Le début de la saison agricole commence par le défrichement ou le nettoiemnt des souches d’arbres, les repousses de *n’guer*, les chaumes et les herbes. Ces débris sont groupés en tas soit manuellement avec des râteaux ou soit en traction animale avec la houe sine avec râteau. Les débris sont soit entassés dans le champ ou soit mises en parallèle le long du champ puis ils sont brûlés et leurs cendres poudreuses sont ensuite répandues sur les champs. (Pélissier, 1966 cité par Diop, 2011).

L’ampleur du travail de nettoyage dépend de l’état des terres qui seront mises en valeur à la prochaine saison des pluies. Si les champs cultivés lors de la dernière saison sont relativement faciles à nettoyer, il en va autrement pour ceux qui ont été mis en jachère durant une plus ou moins longue période (Diop, 2011).

**Pour le mil**, le ratissage des résidus avec un râteau en traction équine sur houe sine est peu pratiqué. Le travail du sol avec des outils à dents (grattage), en sec ou en humide, est peu répandu. Le semis direct en sec et en poquets avec le semoir super-éco est généralisé à des interlignes compris entre 0,6 et 0,9 m. Un ou deux sarclages mécaniques des interlignes sont effectués avec les houes occidentale et sine surtout. La faible largeur des outils nécessite deux passages dans un interligne. Le sarclage sur la ligne, le démariage et la récolte des épis sont manuels.

**Pour l'arachide**, le travail du sol avant semis (grattage en humide) est peu répandu. Le semis en ligne au semoir super-éco est généralisé à des interlignes compris entre 0,3 et 0,6 m. Deux disques (24 alvéoles et 30 crans surtout) adaptés aux variétés cultivées sont utilisés. Un à deux sarclages sont réalisés dans les interlignes avec les houes occidentale et sine. Le premier, appelé **radou**, est effectué juste après le semis direct. Un sarclage manuel sur la ligne est nécessaire. La récolte est effectuée avec une souleveuse montée sur les bâtis précédents. Les tractions équines et asines sont employées sur les sols légers et la traction bovine sur les sols lourds.

**Pour le maïs** au Sud du Sine Saloum, le travail du sol se limite au grattage en humide. Le labour est quasi-inexistant. Le semis est réalisé avec le semoir super éco sur 1 rang avec un disque spécifique (16 trous). Les interlignes varient entre 0,6 et 0,9 m. Un à deux buttages mécaniques des interlignes sont effectués. Le sarclage sur la ligne, le démariage et la récolte des épis sont manuels.

L'entretien des cultures se fait mécaniquement et manuellement dès l'installation des cultures au mois de Juin ou Juillet jusqu'en mi-août coïncidant à la période d'enregistrement des fortes eaux de pluies communément appelé en Wolof « **Loli** ». A cette période, les paysans sont obligés d'aller vite et ils mettent tous leurs énergies afin de sortir ou de mettre à nu le sol en lui arrachant sa couverture végétale considérée comme mauvaises herbes hors du champ à l'aide de sac. Dans leurs entretiens des cultures, les producteurs emploient la houe sine pour les cultures comme l'arachide, le maïs et le mil combiné avec des outils manuels comme l'îler, la daba voir « **ngosi et soc-soc** » et le corps butteur pour le maïs. La fumure minérale apportée est peu importante. Avec la disparition des jachères, la majorité des pailles (fanés d'arachide et de niébé, tiges de mil) est exportée pour la nourriture des animaux ou pour la construction des palissades.

## 2.5 LES ACTIONS MISES EN ŒUVRE POUR EVITER LA DEGRADATION DES TERRES

De gros efforts et d'importants moyens humains et financiers ont été déployés au cours des cinquante dernières années pour lutter contre la dégradation et l'appauvrissement des sols (Séne *et al.*, 2000) tant au niveau de la fertilisation des sols qu'au niveau de la défense et de la restauration des sols.

### 2.5.1 Au niveau de la Fertilisation des Sols

On note trois grandes phases : i) la première phase (1945 à 1960) se caractérise par des échecs de la politique de la diffusion des engrais chimiques et verts à cause la suppression des avantages qui ont été accordés aux paysans (Mbodj, 1987) ; ii) la deuxième phase (1960 à 1980) se caractérise par les échecs du programme agricole (PA) dus à la chute constante du revenu rural moyen et par le manque de formation de certains producteurs (Badiane *et al.*, 2000). Et enfin la troisième phase (1980 à nos jours) se caractérise par l'échec de la politique d'intensification par les engrais minéraux à cause de l'acidification des terres, de l'épuisement en éléments nutritifs des sols largement cultivés, le taux élevé d'érosion des sols et le lessivage de l'azote et du potassium et de la culture continue (Dieng et Ndiaye, 2011). Mais aujourd'hui on assiste à un regain d'intérêt sur les amendements organiques par les programmes de recherche (Ndour, 2015).

### 2.5.2 Au niveau de la Défense et de la Restauration des Sols

A ce niveau, on distingue deux formes : i) une forme traditionnelle et ii) une forme moderne.

La forme traditionnelle englobe la valorisation de la fumure organique (déjections d'animaux) par les producteurs et la foresterie par le maintien des champs de cultures certaines espèces forestières comme le *Faidherbia albida* ou « **Kad** en nom vernaculaire », le *Guiera senegalensis* « **Guier** » ou la *Cordyla pinnata* « **Dimb** » ou *Parkia biglobosa* « **Houille** » afin qu'elles réduisent la vitesse du vent, stabilisent le sol et améliorent la fertilité et en conséquent la production agricole.

Quant à la forme moderne, elle se caractérise par l'emploi de méthode mécanique (cordons en pierres, diguette en cadre, seuil en gabions, arête de poisson, demi-lunes, cuvette avec diguette à l'aval et ados etc...), de méthode d'agroforesterie ou biologique (haies vives, brise-vent et pépinières villageoises) et de techniques culturales (décompactage en sec, radou baligne ou sarclo-buttagage de relevée, apport de matière organique (fumier, compost), paillage et engrais minéraux).

## 2.6 Les Raisons de la Mise en Œuvre de L'Agriculture de Conservation

Des alternatives aux pratiques agricoles actuelles doivent être recherchées afin d'améliorer la fertilité des sols, mais aussi de réduire l'érosion et la dégradation des terres. A ce titre, la pratique du semis direct sous couvert végétal a été dans le passé relayé au second plan par Chopart en 1981 disant que la technique du minimum de tillage n'est pas adaptée aux conditions actuelles de l'agriculture sénégalaise caractérisée en particulier par une courte saison des pluies, par des sols mal structurés, par une mécanisation de l'agriculture déjà assez avancée surtout en ce qui concerne les semis et les sarclages et par la faible disponibilité en pailles qui sont utilisées prioritairement pour l'alimentation du bétail et pour les constructions d'habitation. D'autres travaux de recherche comme ceux de Séné et Diatta (1990), de Nicou *et al.*, (1993) et de Bayala *et al.*, (2009) ont conduit des travaux démontrant la participation des herbacées comme moyen de contrôle du ruissellement et de la restauration de la matière organique du sol. D'autant plus qu'il est impossible d'éliminer toutes les mauvaises herbes, leur gestion peut avoir un effet positif sur la biodiversité et l'écologie (Eisele, 1998).

Par ailleurs, des études doivent être poursuivies pour enrichir les connaissances sur les espèces indicatrices de fertilité dans ce système de culture afin de les intégrer dans l'exploitation de ces terres.

Ce qui amène à poser ces questions sur des alternatives et techniques complémentaires aux dispositifs et aménagements anti-érosifs pour réduire l'érosion et améliorer la fertilité des sols, en particulier l'agriculture de conservation sur les points suivants :

- Comment avoir un couvert végétal en début de campagne pour réduire l'érosion, améliorer la fertilité des sols ?
- Comment semer en traction animale sur un couvert végétal ? Quelles cultures ? Quand ? Avec quels équipements ?

## 2.7 HYPOTHESES

- La présence de la traction animale dans pratiquement toutes les exploitations agricoles du bassin arachidier est un atout pour la réussite du semis direct en traction animale ;
- La collaboration avec les structures intervenant dans les projets de défense et de restauration des sols et sur la fertilité des sols au niveau du bassin arachidier facilitera

le travail de sensibilisation et de vulgarisation de cette technologie auprès de producteurs ;

- L'existence d'artisans et de forgerons fabriquant les matériels de traction animale permet d'envisager la fabrication locale d'un semoir de semis direct à traction animale ;
- L'intéressement des producteurs du Sud du Bassin Arachidier à l'agriculture de conservation est un atout à l'adoption du semis direct sous couvert végétal.

## 2.8 OBJECTIFS

L'objectif général de cette thèse d'identifier et de caractériser les conditions et les contraintes pour la réalisation d'un couvert végétal au niveau du Sud du Bassin Arachidier au Sénégal.

### 2.8.1 Objectifs Spécifiques

- Identifier et caractériser les exploitations agricoles de la zone d'étude qui utilisent des méthodes de protection et de conservation des sols contre l'érosion hydrique principalement, mais aussi éolienne, et éventuellement qui pratiquent l'agriculture de conservation ;
- Implanter un dispositif expérimental avec des plantes de couverture végétale de *brachiaria* à associer aux cultures principales pratiquées dans le Sud du Bassin Arachidier ;
- Co-concevoir localement un matériel de semis direct à traction animale, à partir du semoir Super Éco et adapté aux caractéristiques des exploitations agricoles de la zone d'étude.

### 3 REVUE BIBLIOGRAPHIQUE GENERALE

#### 3.1 LES TECHNIQUES DE PROTECTION ET DE CONSERVATION DES SOLS EN AFRIQUE DE L'OUEST

##### 3.1.1 EN AFRIQUE DE L'OUEST

En Afrique de l'ouest, la lutte contre l'érosion hydrique et éolienne est menée par les populations, la recherche et les organismes de développement. Cette lutte se matérialise par la construction des ouvrages biologiques, mécaniques et agroforestiers visant à optimiser la gestion durable de l'eau et des terres dans leurs terroirs.

**Figure 9** – Réalisation de cordons pierreux au Burkina Faso (Institut de l'Environnement et de la Recherche Agricole (INERA), 2000 et Rabdo, 2007)

**Figure 9** – Realization of stony cords in Burkina Faso (Institute of Environment and Agricultural Research (INERA), 2000 and Rabdo, 2007)

**Figura 9** – Cordão de pedras em Burkina Faso (Fonte: Institut de l'Environnement et de la Recherche Agricole (INERA), 2000 et Rabdo, 2007)



Les contraintes à la production en zone travaillées sont principalement la dégradation des terres et la baisse de fertilité des sols (tableau 1).

**Tableau 1** – Les contraintes à la production agricole en zone tropicale  
**Table 1** – Constraints to agricultural production in the tropics  
**Tabela 1** – Limitações para a produção agrícola na zona tropical (savanas)

<b>Fertilité faible et fragile</b>	<b>Risques climatiques</b>	<b>Problèmes agrotechniques et de protection des cultures</b>	<b>Problème d'optimisation du travail</b>	<b>Conditions micro-économiques défavorables</b>
Érosion mécanique ; Lixiviation : - acidification - toxicité aluminique ; Dégradation physique : - Déstructuration - Compaction - Prise en masse ; Minéralisation rapide de la matière organique.	Répartition erratique des pluies ; Fortes intensités pluviométriques ; Excès momentanés d'eau ; Fortes évaporations ;	Envahissement par les adventices ; Maladies et ravageurs ; Manque d'équipement et travail du sol inadéquat ;	Temps de travaux ; Faible productivité ; Pénibilité ; Faible flexibilité ;	Absence de trésorerie ; Indisponibilité en intrants ; Pas de circuits économiques ; Dépendance par rapport aux marchés ; Absence de crédit ; Problèmes fonciers.

Source : Raunet, 1998

### 3.1.2 Dans le Sud du Bassin Arachidier au Sénégal

Dans les zones cultivées du sud du Bassin Arachidier, l'existence d'une importante érosion hydrique, même sur des parcelles isolées de tout apport d'eau de l'amont, implique la mise en œuvre de techniques culturales conservatrices du milieu, à l'échelle de la parcelle. Les façons culturales apparaissent donc comme un complément indispensable aux aménagements de défense et restauration des sols (DRS) plus connu chez les anglo-saxons de Conservation des Eaux et des Sols (Ruelle *et al.*, 1990). C'est pourquoi un programme de recherche nommé Recherches d'appui du Sine-Saloum a été initié dans cette zone dans les années 80 et qui visait principalement la gestion des ressources naturelles (sol et eau) pour assurer une bonne productivité à long terme. Ce programme comptait deux opérations complémentaires de recherches à savoir : i) les défenses et la restauration des sols –économie d'eau et ii) les techniques culturales et la fertilisation (ISRA, 1989).

Parmi les techniques de défenses et de restauration des sols-économie d'eau, on peut citer (le paillage, la technique de couverture morte, le billonnage et le buttage isohypse, le décompactage en sec et le sarclo-buttage ou « **Radou baligne** »). Pour les techniques de fertilisation des culturales, on peut citer le compostage (Sow, 1995).

Ces techniques citées précédemment doivent :

- améliorer la structure des horizons de surfaces, par une production et une utilisation accrue de matière organique, pour diminuer la dégradation des sols par les pluies (« **effet splash** » et ruissellement), et pour favoriser ultérieurement la mise en place et le développement de la végétation grâce à une alimentation hydrique et minérale satisfaisante ;
- accroître l'infiltration des pluies par un travail du sol, et limiter la vitesse de l'eau ruisselante par la création d'un micro-modelé apte à retenir une certaine lame d'eau et à en réduire la vitesse. Ainsi, en condition d'alimentation hydrique difficile ou irrégulière, la végétation connaîtra une vigueur accrue.

Parmi les techniques d'aménagement anti-érosif existantes on distingue les traditionnelles et celles proposées par les services intervenant dans la défense et la restauration des sols.

### 3.1.2.1 Les formes traditionnelles

#### 3.1.2.1.1 *La fumure organique*

Dans chaque exploitation agricole, les déjections des animaux (chevaux, ânes, ovins, caprins et bovins) sont valorisées sous forme de fertilisant organique par le propriétaire dans ses champs. Ces déjections sont soit stockées pour être épandues dans les champs à l'approche de l'hivernage. Les champs de case considérés comme les plus fertiles reçoivent tous les déchets et les ordures ménagères.

#### 3.1.2.1.2 *La jachère associée à la rotation des cultures et au paillage*

Cette technologie est basée sur une jachère annuelle à laquelle sont associées une rotation bi annuelle mil-arachide et le paillage avec les résidus du mil. Cette pratique ancestrale vise à faire face à la baisse de fertilité découlant d'une forte intensité d'utilisation des terres sans remplacement approprié des nutriments. Mais fort est de constater qu'aujourd'hui que cette pratique culturelle n'est plus pratiquée dans le Sud du Bassin Arachidier à cause à la forte pression foncière de part de la population toujours à la recherche ou à la conquête de nouvelle terre (Mané, 2008).

### 3.1.2.1.3 *La foresterie*

La culture sous parc arborée, une pratique traditionnelle, consiste à maintenir dans les parcelles certaines espèces forestières comme le *Faidherbia albida* ou « Kad en nom vernaculaire », le *Guiera senegalensis* (« **Guier** en langue locale) ou la *Cordyla pinnata* (**Dimb** en langue locale) ou *Parkia biglobosa* (**Houille** en langue locale) où se pratique la rotation des cultures et l'apport de fumure organique afin d'améliorer la fertilité des sols et d'accroître la production agricole.

L'espèce la plus utilisée est le *Faidherbia albida* qui contribue fortement à reconstituer la fertilité du sol. Par ailleurs, sa présence dans les champs réduit la vitesse du vent et par conséquent, permet de stabiliser le sol. Pour accroître l'efficacité de cette pratique, les populations y associent la rotation culturale et l'apport de fumure organique.

### 3.1.2.2 Les formes modernes

#### 3.1.2.2.1 *Les méthodes mécaniques*

##### 3.1.2.2.1.1 Cordons en pierres

Les cordons en pierre sont des dispositifs anti-érosifs composés de blocs de moellons ou de pierres disposées en une ou plusieurs rangées le long des courbes de niveaux.

Ce sont donc des ouvrages filtrants qui brisent la force des eaux de ruissellement tout en laissant passer les excès d'eau dans le but :

- d'éviter des concentrations d'eau en amont ;
- de provoquer un écoulement plus lent des eaux en aval de l'ouvrage, dans le champ.

Les cordons pierreux donnent de meilleurs résultats quand ils sont associés à des mesures biologiques (enherbement, haie vive, plantation d'arbres), à des apports de fumure organique et au mulching.

**Figure 10** – Ancien aménagement de cordons pierreux sur la partie amont de la Station de recherche ISRA Nioro du Rip (Source: nos enquêtes)

**Figure 10** – Former stony cord arrangement on the upstream part of the ISRA Nioro Rip Research Station (Source: our surveys)

**Figura 10** – Antigo cordão de pedra a montante da estação de pesquisa de Nioro Rip do ISRA (Fonte: o autor)



#### 3.1.2.2.1.2 Diguette en cadre

La diguette en cadre est un ouvrage destiné à lutter contre l'érosion hydrique en nappe et le ravinement. Elle est construite uniquement avec des matériaux locaux comme les melons et les branches d'arbres. Cet ouvrage posé perpendiculairement au sens du ravin accumule ou retient le sable jusqu'à ce que celui bouge complètement le trou et permettant ainsi de récupérer la parcelle dégradée.

Dans la communauté rurale de Médina Sabah localisée dans le Sud du Bassin Arachidier, les ravins éventrent les villages. Ici, les ravinements ont détruit des champs, des maisons, les voies de circulation et divisent le village en portion. L'INP<sup>19</sup> est venu y construire, en amont, des diguettes en cadre et des cordons pierreux permettant de réduire la vitesse de l'eau et, par la même occasion, diminuer progressivement les ravinements (Soleil, 2012).

---

<sup>19</sup> INP : Institut National Pédologique

**Figure 11** – Réalisation de Diguette en cadre par le Projet Codeval/JICA<sup>20</sup> en appui aux populations de Keur Babou Diop : Département de Nioro du Rip (Source : Anonyme, 2012)

**Figure 11** – Realization of Diguette in frame by the Codeval / JICA Project in support of the populations of Keur Babou Diop: Department of Nioro du Rip (Source: Anonymous, 2012)

**Figura 11** – Dique em Quadro realizado pela Codeval JICA em apoio a população de Keur Babou Diop, Departamento de Nioro du Rip. (Fonte: Anonimo, 2012).



#### 3.1.2.2.1.3 Seuil en gabions

Contrairement à la confection des cordons pierreux et des diguettes en cadre, la construction des gabions demande une grande technicité des acteurs. Sa réalisation nécessite de gros moyen (camion, grilles, blocs de pierres et main d'œuvre) et comprend trois phases :

- levé topographique (nivellement) ;
- creusement de la tranchée ;
- gabionnage (tissage, remplissage et liage des gabions<sup>21</sup>).

Une fois bien remplis, les gabions sont refermés et reliés entre eux. Le poids moyen d'un gabion est de 1, 2 T. Le tout est ensuite recouvert d'une couche de sable et damé afin de servir de chaussée (pour les charrettes, les voitures et autres moyens de locomotion). Ce n'est qu'après précipitation et colmatage des interstices par les particules charriées par le ruissellement que l'ouvrage devient imperméable et plus efficace pour lutter et freiner le ravinement.

<sup>20</sup> CODEVAL/JICA : Projet de Renforcement des Capacités pour le Contrôle de la Dégradation des Terres et la Promotion de leur Valorisation dans les Zones de Sols Dégradés/ Agence japonaise de coopération internationale

<sup>21</sup> Le gabion est un panier confectionné avec du fil de fer galvanisé que l'on remplit de pierres

**Figure 12** – Seuil de gabion construit pour stopper le grand ravin sur la partie sud de la Station de recherche ISRA Nioro du Rip (Source : nos enquêtes)

**Figure 12** – Gabion threshold built to stop the large ravine on the southern part of the ISRA Nioro Rip Research Station (Source: our surveys)

**Figure 12** – Barreira de gabião construído para conter uma voçoroca na parte sul da estação de pesquisa de Nioro do Rip do ISRA (Fonte: o autor)



3.1.2.2.1.4 Arête de poisson, Demi-lunes et Cuvette avec diguette à l’aval testés dans la communauté rurale de Thyssé Kaymor dans le Département de Nioro du Rip

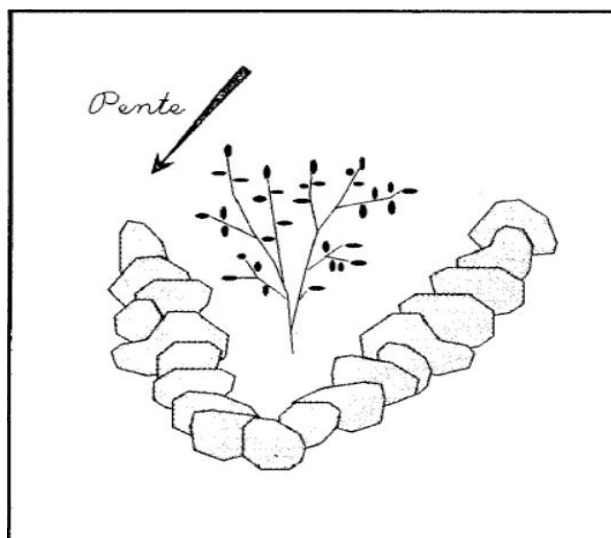
Ces techniques très voisines sont utilisées principalement dans les zones caractérisées par une végétation, par une infiltration insuffisante et par des sols souvent médiocres. Ces techniques ont été conçues dans le but de retenir le maximum d’eau de ruissellement. Pour cela, on propose un classement de ces deux techniques.

- **les arêtes de poisson** : elles sont formées de deux petites diguettes en V constituées de pierres et terre. Ce dispositif collecte le ruissellement vers un jeune arbre planté à l’intérieur du V.

**Figure 13** – Arête de poisson (Source : Ruelle *et al.*, 1990)

**Figure 13** – Fish bone (Source : Ruelle *et al.*, 1990)

**Figura 13** – Espinha de peixe (Fonte: Ruelle *et al.*, 1990)

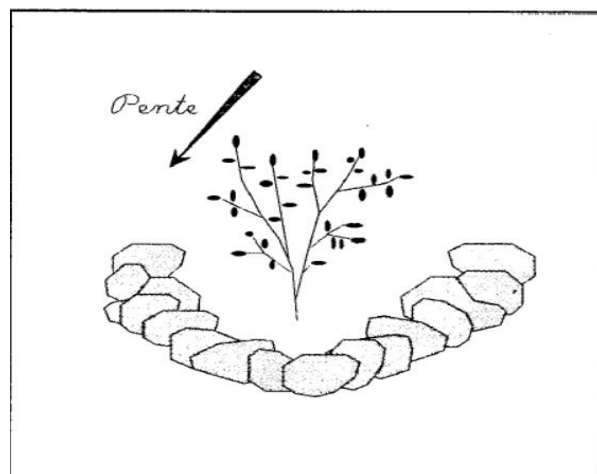


- **les demi-lunes** : ce sont des diguettes avec une forme plus ouverte en arc de cercle.

**Figure 14** – Demi-lune (Source : Ruelle *et al.*, 1990)

**Figure 14** – Middle moon (Source : Ruelle *et al.*, 1990)

**Figura 14** – Meia-lua (Fonte: Ruelle *et al.*, 1990)

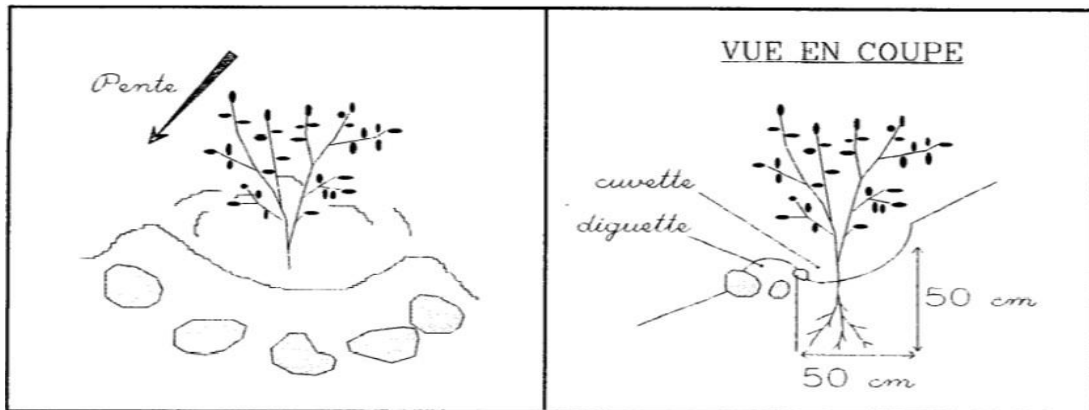


Ces dispositifs (Arête de poisson et Demi-lunes) ont été testés mais avec la pluviométrie du Sud Sine Saloum (700 mm environ), ils n'apportent ni une meilleure reprise, ni une meilleure croissance qu'une simple cuvette au niveau du trou de plantation rehaussée à l'aval (figure 14) par une courte diguette. Le travail requis dans ce cas est beaucoup moins important, mais l'effet est tout à fait significatif (Source : Ruelle *et al.*, 1990).

**Figure 15** – Cuvette avec diguette à l’aval (Source : Ruelle *et al.*, 1990)

**Figure 15** – Bowl with diguette downstream (Source : Ruelle *et al.*, 1990)

**Figura 15** – Bacia com dique a jusante (Fonte: Ruelle *et al.*, 1990)



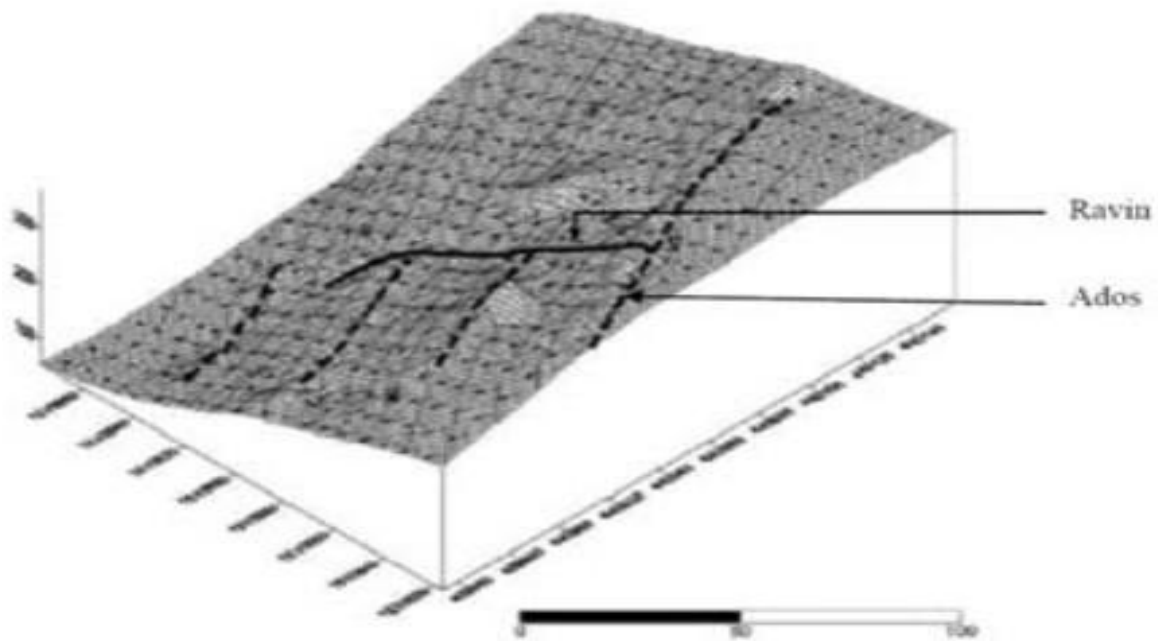
#### 3.1.2.2.1.5 Ados

La technique de l’Ados suivant les courbes de niveau, analogue à la technique du billonnage, crée un microrelief au niveau de la parcelle. L’ados permet de faire infiltrer les eaux de pluies tout en ralentissant la vitesse des eaux de ruissellement et d’accroître le niveau floristique du site. Pour sa réalisation, les courbes de niveau sont piquetées directement dans le champ. L’agriculteur construit les ados de niveau, suivant les piquets, en faisant plusieurs passages aller-retour avec sa charrue à bœufs. Les ados sont couverts par *Andropogon gayanus*, qui marquent ainsi les courbes de niveau de façon permanente (Bayala *et al.*, 2009).

**Figure 16** – Schéma de la parcelle expérimentale, avec ados en courbe de niveau (ACN) et le témoin (Bayala *et al.*, 2009)

**Figure 16** – Drawing ACN and control in experiment plots (Bayala *et al.*, 2009)

**Figura 16** – Parcela experimental com terraços em nível e testemunha. (Bayala *et al.*, 2009)



La technique de l'ACN menée dans le département de Nioro du Rip a permis de contribuer à la capacité à la diversité floristique avec la fertilisation (Bayala *et al.*, 2009). Cette étude a également mis en évidence des affinités entre des espèces et les cultures de mil et d'arachide d'une part et entre des espèces et la zone de culture d'autre part et à la restitution de la matière organique.

### 3.1.2.2.2 *Les méthodes d'agroforesterie ou biologique*

#### 3.1.2.2.2.1 Haies vives

Les haies vives placées de manière isohypse ou au moins perpendiculairement à la pente auront : i) dans le cas des cordons de pierres, un effet sur le ruissellement en nappe et ii) dans le cas de ruissellement concentré, être associées à d'autres techniques. Composées d'arbres et d'arbustes, avec une bonne implantation et des ramifications importantes dès la base (haies fermées), elles pourront :

- jouer un rôle de filtre, favoriser une répartition uniforme de l'eau de ruissellement et le dépôt des matériaux transportés ;

- avoir une efficacité importante dès les premières pluies, qui sont très agressives pour des sols nus: en tant que plantes pérennes, le démarrage de la végétation se fera à la fin de la saison sèche ou au début de l'hivernage ;
- permettre la formation d'un talus progressif qui s'appuyera sur la haie et pourra induire un nouveau profil d'équilibre dans la parcelle ;
- avoir une action sur la circulation des animaux et donc contribuer au contrôle des surfaces sensibles au ruissellement et à l'érosion.

**Figure 17** – Haies vives de *Bauhinia rufescens* mal entretenues en dehors de la station de recherche ISRA et au niveau des parcelles paysannes du Village de Diameguène à Nioro du Rip (Source : nos enquêtes)

**Figure 17** – Bright hedges of *Bauhinia rufescens* poorly maintained outside the ISRA research station and at the level of the peasant plots of the Diameguène Village in Nioro du Rip (Source: our surveys)

**Figura 17** – Cerca viva de *Bauhinia rufescens*, mal conservada no exterior da estação de pesquisa do ISRA, junto a área de produtores em Diameguène Village em Nioro du Rip. (Fonte: o autor)



#### 3.1.2.2.2 Brise-vent

Les brise-vents sont des structures linéaires, le plus souvent vivantes, (mais aussi inertes) composées d'espèces ligneuses, semi-ligneuses et parfois herbacées installées de telle manière qu'elles permettent de protéger les zones cultivées, pâturées ou d'habitation contre les effets néfastes des vents dominants. Un brise-vent comporte deux (2) parties : un côté au vent (exposé aux vents dominants) et un côté sous le vent.

**Figure 18** – Brise-vent de Neem (*Azadirachta indica*) protégeant les cultures contre le vent au niveau de la station de recherche ISRA Nioro du Rip (Source : nos enquêtes)

**Figure 18** – Windbreaker of Neem (*Azadirachta indica*) protecting crops against the wind at the ISRA Nioro du Rip Research Station (Source: our surveys)

**Figura 18** – Quebra vento com Nin (*Azadirachta indica*) protegendo as culturas junto a estação do ISRA de Nioro du Rip. (Fonte: o autor)



#### 3.1.2.2.2.3 Pépinières villageoises

Cette technique consiste à décentraliser ou à transférer des pépinières centrales vers les pépinières relais ou villageoises. Cette technique permet aux producteurs bénéficiaires de disposer en temps réel avant l'hivernage des plants sains non stressés vigoureux par le transport au niveau de leurs exploitations agricoles.

Pour la pérennisation des opérations de DRS, les pépinières villageoises doivent satisfaire les besoins socio-économiques du village en termes de production de plants ligneux et herbacées destinés aux opérations de DRS, ceux recherchés pour la production de bois de service ou autre (eucalyptus par exemple), mais aussi les fruitiers, les plants maraichers souhaités par le village.

#### 3.1.2.2.3 Les techniques culturales

##### 3.1.2.2.3.1 Décompactage en sec

Le décompactage en sec permet d'améliorer la structure des horizons de surface, la mise en place et le développement des racines, tout en favorisant l'alimentation hydrique et minérale des plantes et une meilleure exploitation des ressources du milieu. Les travaux de décompactage en sec renforcent la lutte contre l'érosion hydrique en favorisant l'infiltration des eaux pluviales, et protègent les sols grâce à une végétation accrue (Séne et

Garin, 1988). Il est réalisé à l'aide d'un dispositif monosoc équipé d'un couteau droit (ou la dent G de type chisel en traction bovine) fixé sur un étançon d'inclinaison de 60°, d'une longueur de 70 cm et d'une largeur de 5 cm et qui est monté sur un bâti Ariana ou houe sine. C'est un travail qui doit se faire perpendiculairement à la pente avec un écartement variable selon les cultures et avec une profondeur de travail pouvant atteindre 8 à 15 cm suivant les types de sols et la source d'énergie.

Les grosses mottes ainsi laissées après le passage de la dent vont réduire la vitesse de ruissellement des eaux de pluie ralentissant ainsi le transport des terres fines et de la matière organique (phénomène d'érosion hydrique).

**Figure 19** – Test en parcelle paysanne : décompactage en sec (Perez *et al.*, 1996)

**Figure 19** – Farm plot test: dry compaction (Perez *et al.*, 1996)

**Figura 19** – Teste em condições de campo: descompactação na seca. (Fonte: Perez *et al.*, 1996).



#### 3.1.2.2.3.2 Radou baligne ou sarclo-buttage de relevée

Le radou baligne doit être réalisé tout juste après le semis du fait que la tombée de la pluie peut effacer les marques ou les traits de semis. Il est réalisé à l'aide d'un outil sarcleur dont les deux rasettes liées par un chiffon créent une petite butte d'une hauteur moyenne de 5 à 10 cm sur la ligne de semis (Ruelle *et al.*, 1990 cité par Sow, 1995).

Les conséquences de cette technique sur le ruissellement ont été très peu abordées. Par contre les études de Séné (1991, 1992) ont montré des effets positifs sur l'infiltration des eaux de pluie.

#### 3.1.2.2.3.3 Apport de matière organique (fumier, compost)

Il existe deux méthodes d'apport de matière organique : le compost et le fumier.

**Figure 20** – Déjections de troupeaux de bœufs transhumants non encore décomposées dans un champ du village de Lougué dans le département de Nioro du Rip (Source : nos enquêtes)

**Figure 20** – Disposal of herds of transhumant cattle not yet decomposed in a field in the village of Lougué in the department of Nioro du Rip (Source : our surveys)

**Figura 20** – Dejetos de gado em transumância não decomposto, na comunidade de Lougué, Nioro du Rip. (Fonte: o autor).



Néanmoins, l'utilisation de fumier est la pratique privilégiée par les paysans car elle demande moins de travail que le compost. L'utilisation du compost et du fumier est recommandée en complément de toutes les mesures de CES/DRS et contribue à la valorisation maximale de ces investissements.

#### 3.1.2.2.3.4 Paillage ou restitution des résidus organiques

Le paillage est une technique de protection du sol par apport d'une couche de 2 à 10 cm de couverture végétale morte composé essentiellement de branches d'arbres ou de résidus de récolte. Cette technique, réalisée en saison sèche, va à l'encontre des pratiques de brûlis mais elle est fortement concurrencée par les exportations pour les constructions de cases et par la divagation des animaux.

### 3.1.2.2.3.5 Engrais minéraux

La recherche agronomique mène des travaux portant sur l'optimisation des apports d'engrais et sur la rentabilité des doses apportées sur les systèmes de cultures céréalières (mil/maïs) par une adaptation des formules de fertilisation minérale (Ndour, 2015). En effet, le but de ce projet est d'élaborer des recommandations spécifiques de fertilisation raisonnée pour les principales spéculations céréalières (mil, maïs) dans les zones centres (Nord et Sud) du bassin arachidier et celle du Sénégal Oriental où le manque de référentiel en terme de formule chimique pousse les producteurs à fertiliser leurs champs à partir des recommandations issues des travaux d'études et d'expérimentations conduites par l'ISRA durant la période 1960-1980. Ces référentiels ont entraîné des recommandations générales qui n'assurent pas toujours une bonne efficacité agronomique des fertilisants minéraux (PCE<sup>22</sup>, 2011). Ces formules d'engrais sont par ailleurs appliquées dans toutes les zones agro-écologiques du Sénégal sans tenir compte de la qualité des sols et de la variabilité climatique. Les résultats issus de ce projet permettront : i) une optimisation des formules de fertilisation du maïs et du mil est réalisée à partir du modèle QUEFTS<sup>23</sup> ; ii) de nouvelles recommandations de fertilisation des principales cultures céréalières (mil/maïs) sont validées en champ paysans et diffusées ; iii) une plateforme d'innovation pour le renforcement des capacités des acteurs et le partage des connaissances est mise en place (Ndour, 2015).

### 3.1.2.3 Différentes techniques d'aménagement anti-érosif de conservation des sols et de restauration de la fertilité pratiquées dans le Département de Nioro du Rip

Nombreux ont été les programmes et les projets de défense et de restauration des sols qui ont eu à intervenir dans la zone du Sud Bassin Arachidier et plus particulièrement dans le département de Nioro. On peut en citer le NRBAR<sup>24</sup>, l'ISRA et le CARITAS<sup>25</sup> et actuellement les ONGs<sup>26</sup> et projets (Symbiose, CODEVAL/JICA, PAGERNA, Vision mondiale). Les techniques les plus utilisées dans la zone de Nioro du Rip sont : i) pour les méthodes mécaniques (sacs à sable, diguette en cadre, cordons de pierres, gabions, l'ados etc...), ii) pour les méthodes biologiques (haies vives, brise-vents, conservation farming,

---

<sup>22</sup> PCE : Project de Croissance Economique de l'USAID

<sup>23</sup> QUEFTS = Quantitative Evaluation of Fertility of Tropicals Soils est un logiciel utilisé pour évaluer la fertilité des sols.

<sup>24</sup> NRBAR : Natural Resources-Based Agricultural Research Project

<sup>25</sup> CARITAS : Confédération Internationale d'organisations Catholiques à but lucratif

<sup>26</sup> ONG : Organisation Non Gouvernementale

fascine, RNA<sup>27</sup> et reboisement) et enfin pour les techniques culturales (parcage d'animaux, compostage, fumier, ordures ménagères etc...).

**Figure 21** – Pose d'une fascine au niveau d'une parcelle de niébé au niveau de l'ISRA Nioro du Rip (Source : nos enquêtes)

**Figure 21** – Laying a fascine at the level of a plot of cowpea at the ISRA Nioro du Rip (Source : our surveys)

**Figura 21** – Colocação de barreira numa área de caupi em área do ISRA, Nioro du Rip. (Fonte: o autor)



---

<sup>27</sup> RNA : Régénération Naturelle Assistée

**Figure 22** – Épandage de déjections d’animaux au niveau d’une parcelle paysanne dans le village de Diameguène à Nioro du Rip (Source : nos enquêtes)

**Figure 22** – Spreading of animal droppings at the level of a peasant plot in the village of Diameguène in Nioro du Rip (Source : our surveys)

**Figura 22** – Distribuição de esterco de animal em uma parcela de produtor em Diameguene, Nioro du Rip. (Fonte: o autor)



**Figure 23** – Parcage d’animaux au niveau d’une parcelle paysanne dans le village de Diameguène à Nioro (Source : nos enquêtes)

**Figure 23** – Animal parking at the level of a peasant plot in the village of Diameguène in Nioro (Source : our surveys)

**Figura 23** – Estábulo em área de produtor em Diameguene, Nioro du Rip. (Fonte: o autor)



**Figure 24** – Aménagement de gabions tissés et posés pour lutter contre le ravinement (Source : nos enquêtes)

**Figure 24** – Arrangement of gabions woven and laid to fight against gully (Source : our surveys)

**Figura 24** – Arranjo de gabião para conter ravina. (Fonte: o autor)



### 3. 2 L'AGRICULTURE DE CONSERVATION

#### 3.2.1 Définition et Principes

L'agriculture de conservation (AC) souligne que le sol est un corps vivant, essentiel pour soutenir la qualité de la vie sur la planète. Elle reconnaît l'importance de la partie supérieure de 0-20 cm du sol comme la zone la plus active, mais aussi la plus vulnérable à l'érosion et à la dégradation. La plupart des fonctions et des services environnementaux qui sont essentiels à la vie terrestre de la planète sont concentrées dans les micro, méso et macro faune et la flore qui y vivent et interagissent dans cette zone (Dumanski *et al.*, 2006 ; Derpsch, 2009). En protégeant cette partie supérieure du sol (0-20 cm), nous assurons la santé, la vitalité et la durabilité de la vie sur cette planète.

Plusieurs auteurs de l'agriculture de conservation comme Derpsch (2009), Husson et Rakotondramanana (2006) et Essecofy (2012) disent que l'AC repose sur trois principes fondamentaux basés sur : 1) une couverture végétal du sol ; 2) une rotation des cultures ; 3) un minimum de perturbation du sol.

Figure 25 – Les principes de l'agriculture de conservation (AC) (Derpsch, 2009)

Figure 25 – Principles of Conservation Agriculture (CA) (Derpsch, 2009)

Figure 25 – Os princípios da Agricultura Conservacionista (AC). (Fonte: Derpsch, 2009)



Dumanski *et al.*, (2006) vont au-delà de ces trois principes fondamentaux de l'agriculture de conservation en y intégrant d'autres concepts comme le **placement de précision des intrants**, la **jachère de légumineuse** et l'**agroforesterie**. L'objectif est d'arriver à une agriculture équilibrée et respectueuse de l'environnement, de l'écosystème et du cadre de vie des habitants du globe terrestre.

Figure 26 – Evolution de l'agriculture de conservation dans le monde (Derpsch, 2009)

Figure 26 – Evolution of conservation agriculture in the world (Derpsch, 2009)

Figura 26 – Evolução da agricultura de conservação no mundo (Fonte: Derpsch, 2009)



### 3.2.2 L'agriculture de Conservation en Afrique de l'Ouest et au Sénégal

#### 3.2.2.1 En Afrique de l'ouest

Soucieux du rôle important que le semis direct sous couvert végétal peut apporter en terme de régénération des sols dégradés en Afrique de l'Ouest, des bailleurs de fonds ( AFD<sup>28</sup>, FIDA<sup>29</sup>), des organismes nationaux et internationaux (FAO), des centres de recherches ( CIRAD, ICRAF<sup>30</sup>) s'investissent de plus en plus à l'Agriculture de conservation (AC). Le semis direct de couverture végétale est pratiqué par plusieurs pays comme le Burkina Faso, le Mali, le Bénin, le Ghana, la zone soudanienne du Tchad et le Nord du Cameroun (Essecofy, 2012 ; Sissoko et Autfray, 2007 et Fert et Afditouraine, 2014).

#### 3.2.2.2 Au Sénégal plus particulièrement dans le Sud du Bassin Arachidier

##### 3.2.2.2.1 *La Régénération Naturelle Assistée ou RNA*

Dans le bassin arachidier en particulier, les systèmes agroforestiers traditionnels qui intégraient l'arbre, l'animal et les cultures annuelles permettant une production soutenue ont été abandonnés dans la plupart des cas au profit surtout de la culture de l'arachide et des cultures céréalières (sorgho, mil et maïs) (révolution verte cité par Bakhoum, 1995). Combinée au déboisement puis dessouchage pour faciliter la mécanisation, la monoculture de l'arachide a été une des causes de l'état de dégradation actuelle du couvert ligneux. Entre 1981 et 1999, c'est d'environ 80 000 ha chaque année que régressent les formations ligneuses sénégalaises pour les seuls besoins de l'agriculture (CONSERE<sup>31</sup>, 1997).

De nouvelles approches relatives à la réhabilitation émergent à partir des années 90, comme la régénération naturelle assistée (RNA). C'est une activité qui consiste à promouvoir et à protéger les jeunes pousses des espèces ligneuses dans les cultures, afin de contribuer efficacement à la régénération des sols dégradés et à la satisfaction des besoins en produits forestiers (Diallo, 1992). Les recherches sur la mesure de l'impact de la RNA de *Combretum glutinosum* sur les propriétés physico-chimiques des sols, les rendements des cultures annuelles ainsi que la couverture des besoins en produits ligneux et non ligneux ont été menées par ENSA-Agroconsult en 1998 au Centre-Nord du bassin arachidier. Ces recherches révèlent sur le plan physique, qu'outre « l'effet parasol », *Combretum glutinosum* protège le sol grâce à l'action exercée par son système racinaire sur l'environnement (amélioration du microclimat par l'augmentation de la densité des arbres), sur le plan socio-

<sup>28</sup> AFD = Agence Française de Développement

<sup>29</sup> FIDA = Fonds international de Développement Agricole

<sup>30</sup> ICRAF = Centre Mondial de Recherche en Agroforesterie

<sup>31</sup> CONSERE : Conseil Supérieur de l'environnement et des ressources naturelles

culturel (matérialisation de la propriété, service, diminution du temps consacré par les femmes à la recherche de bois, etc...).

L'ONG AHDIS (Action Humaine pour le Développement Intégré du Sénégal) en collaboration avec l'ISRA s'est investi en 1997 et 1998 dans la régénération des ligneux dans le parc à *Acacia albida* au Centre-Nord du bassin arachidier (*Acacia albida*, *Balanites aegyptiaca* et *Guiera senegalensis* (Samba *et al.*, 2000). Mais malgré tous les efforts consentis et les résultats obtenus par les programmes d'appui, mais aussi par les populations locales, la mise à l'échelle de la pratique et son institutionnalisation sont encore faible à cause de sa méconnaissance par les décideurs et par le cadre juridique et institutionnel ne favorisant pas non plus le développement de l'agroforesterie au Sénégal, par les coupes abusives clandestines et par la faible implication des collectivités locales dans les initiatives etc...( Ied<sup>32</sup> et World Vision, 2013).

#### 3.2.2.2.2 *Le Conservation Farming ou CF*

La technique CF est une méthode de préparation du sol à sec. Elle permet d'ouvrir des sillons de 15cm de profondeur et d'une largeur de 2 cm au fond du sillon et de 15 cm à la surface du sol. Les écartements entre sillons varient de 60 à 100 cm selon les cultures. Les sillons ainsi ouverts sont remplis de fumier et recouverts de terre. Ces sillons ouverts empêchent le ruissellement et protège le sol contre l'érosion hydrique. Le ripper est une adaptation sur la Houe Sine d'un système d'épandeur de fumier et d'accessoires dont le corps butteur pour la réalisation du sillon. Le coût du ripper 4 est actuellement évalué à 140 000 Fcfa Hors taxe, Hors douane.

---

<sup>32</sup> Ied = Innovation Environnement Développement Afrique

**Figure 27** – Vue arrière du Ripper 4 (à gauche) et vue de face du Ripper 4 (à droite)  
(Source : nos enquêtes)

**Figure 27** – Rear view of Ripper 4 (left) and front view of Ripper 4 (right) (Source : our surveys)

**Figura 27** – Vista traseira (esquerda) e frontal (direita) do Ripper 4. (Fonte: o autor).



### 3.3 LE SEMIS DIRECT SOUS COUVERT VEGETAL PERMANENT (SDCVP)

#### 3.3.1 Principes et Mises en Œuvre

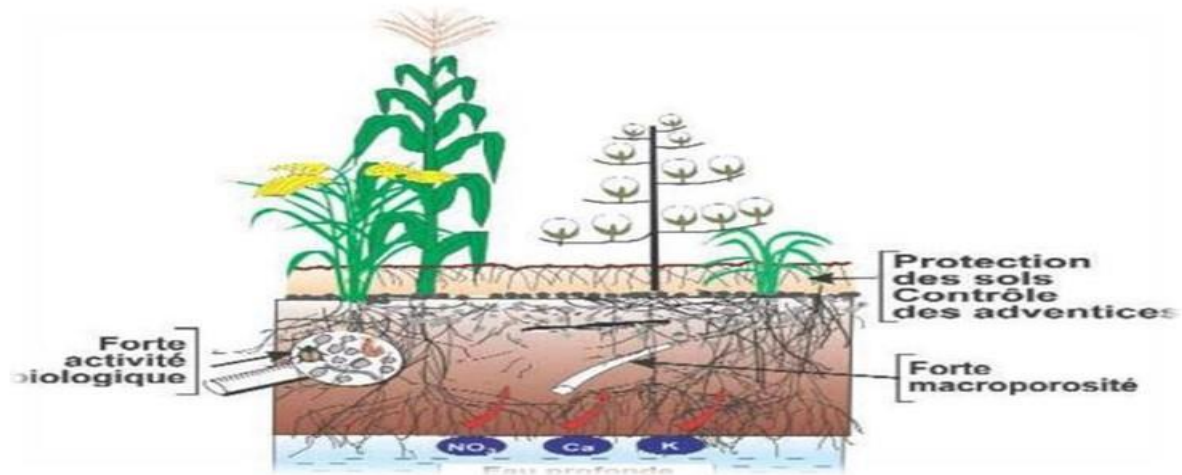
Les systèmes de cultures basés sur les principes du Semis Direct sur Couverture Végétale Permanente proposent une agriculture attractive, rentable, protectrice de l'environnement et durable avec un minimum de perturbation du sol (Boizard *et al.*, 2004).

Le sol présente donc une forte variabilité spatiale des conditions locales de circulation d'eau, d'activité biologique et d'aération. Ce système produit également une importante biomasse et peut se développer en conditions difficiles ou marginales, comme durant les saisons sèches ou froides, sur des sols compactés et sous une forte pression des adventices.

**Figure 28** – Interaction sol-plant-eau dans un système de Semis Direct (Husson et Rakotondramanana, 2006)

**Figure 28** – Soil-plant-water interaction in a cover crop system (Husson and Rakotondramanana, 2006)

**Figura 28** – Interação solo, planta e água no Sistema Plantio Direto. (Fonte: Husson and Rakotondramanana, 2006).



Les semis sont réalisés directement dans la paille, après ouverture d'un simple trou ou d'un sillon avec des outils à traction humaines, des outils à traction manuelle et des outils à traction motorisée de semis direct (Seguy et Bouzinac, 2001).

**Figure 29** – Pratique du semis direct de couverture végétal permanent à Madagascar (Husson et Rakotondramanana, 2006 ; AFD, 2006)

**Figure 29** – Practical in permanent cover crop system in Madagascar (Husson and Rakotondramanana, 2006 ; AFD, 2006)

**Figura 29.** – Sistema Plantio Direto com cobertura verde permanente em Madagascar. (Fonte: Husson and Rakotondramanana, 2006 ; AFD, 2006)



### 3.3.2 La Perception du Semis Direct Sous Couvert Végétal a Travers le Monde

Cette pratique permet de réduire la compaction due au labour, d'éviter l'impact direct de la tombée des eaux de pluie, de réguler la température du sol, de conserver l'humidité du sol, d'améliorer la structure du sol, de réduire la compression du sol, de favoriser la vie des micro-organismes du sol, de diminuer la lixiviation, d'augmenter la teneur de N sur le sol, de diminuer l'infestation des mauvaises herbes, d'augmenter la disponibilité du P sur le sol, de diminuer le taux de pertes par érosion et d'eau disponible pour la plante, de réduire le temps de travail permettant la réorganisation du calendrier agricole, de relever les défis de la durabilité de leurs pratiques et de lutter contre la pauvreté (FAO, 2005 ; Maraux, 2006 cité par Essecofy, 2012).

### 3.3.3 La place du semis direct sous couvert végétal permanent dans les exploitations agricoles brésiliennes

Le semis direct sous couvert végétal permanent est un nouveau système d'exploitation du milieu bien intégré dans des systèmes de culture tout en permettant d'optimiser la gestion des ressources naturelles et l'ensemble des facteurs de production dans les exploitations. Le semis direct a été d'abord appliqué au maïs, puis au soja, aux céréales à petites graines (blé d'hiver, orge...), au cotonnier, au sorgho, au tabac, aux légumes, à l'arachide et aux cultures d'hiver (blé, trèfle, vesce, et seigle) (CDSR, 2001 et Pirot, 1999).

Les premiers développements de la technique du semis direct sous couvert végétal permanent chez les petits agriculteurs utilisant la traction animale, ont consisté à utiliser les équipements disponibles et n'ont pas fait appel à de nouveaux matériels. La jachère naturelle dans laquelle il restait des résidus de la dernière récolte était utilisée comme plante de couverture. Les producteurs de semis direct au Brésil sont presque indépendant vis à vis des aides ou appuis extérieurs provenant soit de l'Etat ou des donateurs. Ils reçoivent peu de soutien de la part de l'Etat mais ils s'appuient le plus à la fédération brésilienne de semis direct sous couvert végétal permanent (FEBRAPDP). La fédération appuie et oriente des producteurs dans l'achat de matériels agricoles à coût élevé.

### 3.3.4 La Pratique du Semis Direct Dans les Pays de L'Afrique de L'Ouest

#### 3.3.4.1 Les calendriers des travaux en Afrique de l'Ouest et dans le Sud du Bassin Arachidier

Les pays de l'Afrique de l'Ouest se caractérisant à peu près par les mêmes conditions climatiques (une seule saison des pluies) à l'exception du Sud du Bénin, du Sud du

Togo, du Sud du Nigéria et de la Côte d'Ivoire qui ont deux saisons des pluies. En zone soudano-sahélienne la pluviométrie est limitée (700-1100 mm par an en moyenne) et l'arrivée des pluies est capricieuse avec des conditions de culture peu contrôlées.

L'Afrique de l'Ouest dispose d'importantes ressources en eau, mais souffre de déficits chroniques, en raison de l'inégale répartition des précipitations et des écoulements dans le temps et l'espace, l'insuffisante connaissance des ressources en eau, la faible mobilisation des ressources potentielles, une mauvaise gestion des ressources existantes et les infrastructures d'eau très peu développées (CEDEAO et al., 2008).

Ainsi, la mise en place des cultures (travail du sol et du semis) au Mali, au Sénégal, au Nord du Bénin, au Burkina Faso, au Nord du Nigéria, au Sud du Niger et au Nord du Togo débute au mois de mai jusqu'au mois de Juillet. Les principales cultures pluviales utilisées dans ces pays sont pour les cultures céréalières (mil, maïs, sorgho et fonio) et pour les cultures légumières (arachide et niébé). En fait, tout le monde a tendance à cultiver les mêmes cultures (sorgho, mil, maïs, arachide, niébé, etc...).

Les itinéraires techniques de ces différentes spéculations varient entre les pays. Ainsi, les activités agricoles dans le Sud du Bassin Arachidier au Sénégal commencent à la fin de la saison sèche (mai) avec le nettoyage des parcelles : les résidus de récolte et les adventices non consommées par les animaux en vaine pâture sont ratissés et brûlés sur la parcelle. Cette opération laisse la surface dénudée à l'arrivée des premières pluies, souvent agressives.

### **La culture du mil**

Le mil est semé en priorité, sur les premières pluies utiles (juin), en traction équine ; les variétés utilisées sont de cycle court (**90** jours, type **Souna 3**, type **Thialack 2**). Lorsque l'hivernage est tardif, le mil peut être semé en sec ou « **Farou** en langue locale ». Il est sarclé, en moyenne, deux fois mécaniquement et une fois manuellement sur le rang. Les sarclages mécaniques, ou sarclo-binages, sont effectués à l'aide de bâtis "houe Sine" équipés de trois rasettes, permettant d'obtenir une surface travaillée de **50** cm de large sur **5** cm de profondeur. La récolte du mil (Octobre) est manuelle, les tiges sont couchées, les épis coupés et mis en bottes.

**Figure 30** – Réalisation des sarclages manuelles au niveau des parcelles de mil (variétés Thialack 2 et Souna 3) au niveau de la station de recherche ISRA Nioro du Rip en hivernage 2013 ( source : nos enquêtes)

**Figure 30** – Realization of manual weeding at the level of millet plots (Thialack 2 and Souna 3 varieties) at the ISRA Nioro Rip research station in rainy season 2013 (source : our surveys)

**Figura 30** – Capina manual em milho das variedades Thialack 2 e Souna 3, no ISRA em Nioro du Rip, na estação úmida de 2013. (Fonte: o autor)



### La culture de l'arachide

Après le nettoyage et le grattage des parcelles, l'arachide est semé en humide après une pluie utile de 20 mm à l'aide du semoir Super Éco. Un à deux sarclages sont réalisés dans les interlignes avec les houes occidentale et sine. Le premier, appelé **radou**, est effectué juste après le semis direct. Un deuxième sarclage mécanique et un autre sarclage manuel différent du radou sont effectués dans la première semaine qui suit la germination de l'arachide. Afin de permettre l'utilisation optimale de l'engrais du type NPK (6-20-10) par la culture, les paysans attendent la pluie suivante pour appliquer cet engrais en l'enfouissant dans le sol au même moment avec la houe. Après cette dernière opération culturale, tout le reste du désherbage des mauvaises herbes se font manuellement et à la volonté. La récolte est effectuée avec une souleveuse montée sur les bâtis précédents. Les tractions équine et asines sont employées sur les sols légers et la traction bovine sur les sols lourds. Le battage est

généralement manuel et est effectué par la main d'œuvre famille complétée parfois par de jeune firdou venant de la zone sud pour la recherche du travail dans le Bassin Arachidier.

Différentes variétés d'arachide développées par le service de la sélection de l'arachide du CNRA<sup>33</sup> de Bambey sont très prisées par les paysans du Bassin Arachidier de par les bons revenus quelles peuvent leur procurer et de par la fane quelles peuvent aussi en tirer dont le prix du sac peut coûter entre 1500 à 2500 Fcfa selon les périodes de l'année comme **la fleur 11**, **le Boule Kouss** (Arachide de bouche destinée à l'huilerie), **le 73-30 (thiop** en wolof) et **le 55-437**. Et quand l'hivernage n'est pas bon à cause de la sécheresse due l'absence de précipitations alors les paysans se rabattent sur la fane pour s'en sortir.

Aussi, il est à noter que les paysans du Bassin Arachidier ont développé une stratégie pour minimiser les pertes des semences d'arachide (semences certifiées) qui coûtent chères voir autour de 1500 Fcfa le kg en arrêtant le semis l'arachide et en attaquant automatiquement le semis du maïs quand il n'y a plus de pluie.

**Figure 31** – Opérations de post-récolte effectuées sur la culture de l'arachide au niveau de la station de recherche ISRA Nioro du Rip (Source : nos enquêtes)

**Figure 31** – Postharvest operations carried out on groundnut growing at the ISRA Nioro du Rip research station (Source : our surveys)

**Figura 31** – Pós colheita do amendoim na estação do ISRA de Nioro du Rip. (Fonte: o autor)



<sup>33</sup> CNRA : Centre National de Recherches Agronomiques de Bambey

## La culture du maïs

Pour le maïs au Sud du Bassin Arachidier, rare sont les gros producteurs disposant de ressources nécessaires qui font labourer leurs champs de 5 ou à plus de 10 hectares par le tracteur à l'exemple de la Fédération des Producteurs de Maïs du Saloum (FEPROMAS) mais la majorité composée que de petits producteurs se limitent tout simplement au grattage du sol en humide avec une paire de bœuf. Le semis, se faisant avec le semoir super éco équipé d'un disque spécifique (16 trous) sur un 1 rang, a lieu dès la première pluie utile d'environ 20 mm. Il est aussitôt suivi du premier épandage de l'engrais NPK de type (15-15-15 ou 15-10-10) et du radou. Au 10<sup>e</sup> Jour Après le Semis (JAS), le deuxième sarclage mécanique avec le cheval ou l'âne est effectué afin de limiter la concurrence avec les mauvaises herbes car le maïs n'aime pas la concurrence nous raconte un paysan en ces termes wolof « **NA SETE REK** ». 5 jours après ce deuxième sarclage, les paysans en général procèdent au démariage manuel des pieds de maïs par poquet en ne laissant qu'un pied. Cette opération est suivie immédiatement du deuxième épandage d'engrais. Puis au 35<sup>e</sup> JAS, ils combinent simultanément dans cet ordre un autre sarclage mécanique, suivi d'un sarclage manuel avec les membres de la famille (hommes, femmes, enfants) pour rendre complètement le champ propre (voir de compléter le sarclage mécanique et de faire sortir les mauvaises herbes du champ) afin de recevoir le premier épandage de l'urée. Cet épandage de l'urée est ensuite enfoui au sol par un sarclage mécanique afin d'éviter qu'elle ne se perde car l'urée est très volatile. Ensuite le deuxième épandage de l'urée accompagné du buttage mécanique à l'arara avec une paire de bœuf survient au 50<sup>e</sup> JAS quand la tige est assez puissante afin d'éviter qu'elle ne casse par l'effet défavorable des vents forts et aussi de lui permettre de bien supporter les épis. La récolte des épis se faisant manuellement a lieu en deux phases soit qu'ils sont récoltés en vert au mois de septembre ou bien qu'ils sont récoltés tardivement en secs entre novembre ou décembre.

Une des stratégies paysannes consistent à arrêter le semis de l'arachide quand il n'y a plus de pluie et ils vont attaquer automatiquement le semis du maïs.

Les variétés les plus utilisées dans le Sud du Bassin Arachidier développées par la recherche (ISRA) sont : **Suwan** (90 à 100 JAS), **Early Thaï** (80 à 85 JAS), **Obatampa** (95 à 100 JAS), **TZEE-Y** (75 à 80 JAS) et **TZEE-W** (75 à 80 JAS) (FAO, 2012).

Mais dans la communauté rurale de Taïba Niassène, zone très réputée dans la production de maïs au Sénégal, les paysans utilisent de préférence trois variétés de maïs qu'ils nomment : **1) Patoze**, **2) SNK** et **3) Camaran**. Dans cette zone la variété **Patoze** est la plus cultivée et est récoltée très tôt en vert pour être vendue sur le marché. Ils disent aussi que

toutes ces trois variétés sont bonnes et peuvent offrir de très bon rendement comme par exemple **la variété Camaran** ils peuvent avoir 3 à 4 t/ha. Aussi ils disent que **la variété SNK** est très sucrée et donne les meilleurs rendements au battage que les deux autres variétés.

**Figure 32** – Champs de maïs au niveau de la communauté rurale de Taïba Niassène dans le département de Nioro du Rip en hivernage 2016 (à gauche **la variété Patoze** et à droite **la variété SNK**) (source : nos enquêtes)

**Figure 32** – Cornfields at the level of the rural community of Taïba Niassène in the Nioro department of Rip in rainy season 2016 (left **Patoze** variety and right **SNK** variety) (source : our surveys)

**Figura 32** – Campo de milho na comunidade de Taiba Niassene, Nioro du Rip, na estação chuvosa de 2016. (Fonte: o autor)



### **La culture du Niébé**

Un labour profond de 15 à 20 cm en début d’hivernage, suivi d’un passage croisé à la herse fournit des conditions optimales de levée et de croissance des plantes. Le labour nécessitant des moyens importants, la majorité des paysans procède à une simple préparation du sol consistant en un grattage manuel, superficiel et sans enfouissement des résidus. Les semis se font en humide après une pluie d’au moins 15 mm.

En fonction de la localité et de la variété, on peut jouer sur la date de semis pour faire coïncider la période de maturité avec la fin de pluies et éviter ainsi la pourriture des gousses et des graines.

Les semis sont effectués à la main à raison de 2 à 3 graines par poquet ou au semoir au moyen d’un disque à 8 trous. Les écartements recommandés sont de 50\*50 pour les variétés rampantes telles que **58-57, Mougne, Ndiambour**, et de 50\*25 pour les variétés

érigées et semi-érigées : **Bambey 21, CB5, Mouride, Diongoma et Mélakh**. Avant les semis, il est recommandé de traiter les semences au Granox (benomyl 10%, carbufuran 10%) à raison de 4 g/kg de semences, pour éviter les pourritures des graines, des jeunes racines et des tiges.

Pour contrôler les mauvaises herbes, un sarclage manuel à l'hilaire est recommandé deux semaines après la levée, suivi d'un autre sarclage mécanique à la houe occidentale 15 à 20 jours plus tard. A partir de ce moment, la couverture foliaire est suffisante pour minimiser la concurrence des mauvaises herbes.

La récolte peut débuter dès que les gousses arrivent à maturité, c'est-à-dire lorsqu'elles deviennent jaunes. Elle peut se faire en un ou plusieurs passages en fonction de la variété (certaines variétés ont une maturation synchrone, d'autres une maturation échelonnée), du temps (humide ou sec), de la disponibilité en main d'œuvre et de la destination de la récolte. On évitera les pluies de fin de saison qui prédisposent à la pourriture des gousses. La récolte et le battage après séchage se font manuellement.

**Figure 33** – Les variétés de Niébé vulgarisées par l'ISRA (Source : nos enquêtes 2012)

**Figure 33** – Cowpea varieties popularized by ISRA (Source : our surveys in 2012)

**Figura 33** – Variedades de caupi popularizado pelo ISRA (Fonte: o autor).



## La culture du Sorgho

D'une manière générale les itinéraires techniques sont très simples, et il n'y a ni démariage (du fait du semis mécanique), ni fumure. On distingue trois périodes de semis : les semis précoces (dès la première pluie utile) du 11 juillet, les semis intermédiaires du 18 au 26 juillet, et les semis tardifs de début août. Les types de disques utilisés sont variables (4 trous, 8 trous, 16 trous). Le semis sont directs ou précédés d'un grattage mécanique superficiel à la houe sine (pour certains paysans), ou suivi immédiatement d'un grattage mécanique superficiel à la houe sine (chez certains paysans). Pour les semis tardifs (fin juillet et début août), le grattage de pré - semis ou de post - semis effectué deux à trois fois dans les parcelles, permet une meilleure maîtrise des mauvaises herbes en début de cycle. Les précédents culturaux sont variables, mais on peut noter la prédominance de la jachère dans les successions.

**Figure 34** – Parcelle expérimentale de la culture du sorgho au niveau de la station de recherche ISRA Nioro du Rip (Source : nos enquêtes 2012)

**Figure 34** – Experimental plot of sorghum cultivation at ISRA Nioro du Rip research station (Source : our surveys in 2012)

**Figura 34** – Parcelas experimentais de sorgo cultivado no Isra Nioro du Rip. (Fonte: o autor)



### 3.3.4.2 La pratique du semis direct sous couvert végétal permanent au Mali et au Burkina Faso

Avec le concours de coopérant français de AFDITOURAINE, le semis direct sous couvert végétal permanent se pratique dans quelques d'Afrique de l'ouest comme le Cameroun, le Mali et le Burkina Faso. D'ailleurs, au Burkina Faso, des matériels de semis direct comme le semoir Fitarelli et la canne planteuse provenant du Brésil ont été testés et modifiés (Sissoko et Autfray, 2007). Tandis qu'au mali, un premier prototype de semoir de semis direct à traction bovine de deux lignes de semis en monograine a été conçu à partir des

éléments de distributions fabriqués par les artisans locaux et dont les tests au banc ont été réalisés par Afditouraine avec succès (TCS<sup>34</sup>, 2006). C'est cette réussite qui leur a amené à encore développer un autre prototype basé sur le principe Cemagref-Irstea afin de pouvoir semer directement dans un mulch ou un chaume.

Deux prototypes fonctionnent depuis cet automne au Maroc et en Tunisie tandis que d'autres modèles plus simples sont utilisés au sud Mali. D'ailleurs, entre 2011 – 2013, une mission d'évaluation du bilan du projet Afdi Touraine au Mali région de Sikasso a été financée par l'Agence Française de Développement (AFD) (AFD, 2014).

**Figure 35** – Prototype de semoir de semis direct AFDI à traction bovine en milieu paysan à Mandela région Sikasso au Mali (TCS, 2006 ; Sissoko et Autfray, 2007)

**Figure 35** – Prototype of animal powered no-till planter for oxen in farmland in Mandela region Sikasso in Mali (TCS, 2006 ; Sissoko et Autfray, 2007)

**Figura 35** – Protótipo de semeadora para PD a tração animal bovina, em área de produtor em Mandela, região Sikasso, Mali. (Fonte: TCS, 2006 ; Sissoko et Autfray, 2007)



#### 3.3.4.3 La pratique du semis direct au Sénégal

Au Sénégal, les orientations de la recherche agricole ont été pendant plusieurs décennies tournées sur la pratique du labour pour réaliser un bon lit de semences facilitant la germination de ces dernières, pour lutter contre l'enherbement par la destruction des mauvaises herbes, et pour enfouir la matière organique dans une perspective d'amélioration des sols (Charreau et Nicou, 1971; Nicou, 1977; Chopart, 1981). Les premières expérimentations de semis direct sur couverture végétale ont été mises en place à Bambey (centre-nord) sur un sol ferrugineux tropical faiblement lessivé sous une pluviométrie

<sup>34</sup> TCS : Techniques Culturelles Simplifiées

moyenne de 600 mm, et à Séfa (zone sud) sur un sol ferrallitique faiblement désaturé et sous une pluviométrie moyenne de 1200 mm (Nicou *et al.*, 1993).

De ces expérimentations, des résultats positifs de l'effet du paillage sur le bilan hydrique ont été enregistrés ainsi qu'une bonne germination des cultures mises en place. Des effets négatifs ont été aussi enregistrés : i) sur l'activité biologique du sol, il y'a une grande prolifération d'insectes phytophages mais aucun signe de la présence de vers de terre ; ii) sur le désherbage, le paillage du sol empêche la réalisation du désherbage mécanique en traction animale. Le sarclage doit être effectué manuellement ce qui accroît la charge de travail et rend difficile le contrôle des mauvaises herbes (Nicou *et al.*, 1993). Cette technique n'a pas connu de succès escompté pour sa diffusion auprès du monde agricole.

Toutefois, au Sénégal d'autres formes de semis direct existent. Le semis direct (à sec ou en humide) se fait de manière manuelle ou mécanisé (semoir super-éco) en saison sèche (avant les pluies) et en hivernage (début d'installation des pluies) sur sol sableux principalement et nu c'est-à-dire que le sol est préalablement nettoyé des résidus de culture (Monnier, 1976 ; Havard, 1986). Le recours des paysans au semis direct à sec s'explique d'une part par le gain de temps procuré dans l'implantation des cultures et d'autre part selon Ganry *et al.*, (1974) il parait le mieux adapté pour les céréales comme le mil et le sorgho au vue de l'existence d'une saison pluvieuse courte et irrégulière. En effet, tout retard dans l'implantation de ces cultures entraîne la baisse du rendement attribuée à des causes diverses. Il est réalisé en poquets ou en lignes. Cette pratique du semis direct à sec ou en humide manuellement ou avec la traction animale est très répandue aujourd'hui, particulièrement dans les zones où la pluviométrie est inférieure à 800 mm/an.

**Figure 36** – Semis direct en humide d'un essai maïs à la station de recherche ISRA-Nioro du Rip (Source : nos enquêtes)

**Figure 36** – Direct sowing in wet condition in an experimental design of corn test at the ISRA research station of Nioro of Rip (Source : our surveys)

**Figura 36** – Semeadura direta em condições úmidas num ensaio de milho na estação do ISRA, Nioro do Rip. (Fonte: o autor).



Le semis direct mécanisé est effectué avec le semoir super éco. Les premières tentatives de semis mécanique en culture attelée au Sénégal remontent aux années 1920 avec le semoir Super éco d'ULYSSE FABRE, importé de France. La diffusion de ce dernier a été rendue possible par le développement de l'arachide en tant que culture de rente. Ainsi, plus de 300 000 semoirs de culture attelée, dont environ 90% de Super-éco, ont été mis en place sur l'ensemble du pays. Près de 90% de ces mises en place ont été effectuées par le Programme Agricole (P.A) entre 1958 et 1980 (Havard, 1986).

Le succès rapide de ce semoir à arachide a très rapidement orienté les travaux de recherche sur le semis mécanique vers la polyvalente de ce dernier pour le rendre apte à semer les céréales locales (mil et sorgho surtout). Ainsi, dès 1960, le CNRA de Bambey a travaillé sur la mise au point de distributeurs mils et sorgho adaptés au super éco et plus tard vers toutes les autres cultures comme le niébé, le maïs etc...

**Figure 37** – Semis avec le semoir super éco en traction équine (Source : nos enquêtes)

**Figure 37** – Seedling with the animal powered planter «super éco» in equine traction (Source : our surveys)

**Figura 37** – Semeadora Super Eco em tração equina. (Fonte: o autor)



Les formes de semis direct existantes au Sénégal se font sur sol nu (absence de couverture végétale) car les paysans dès l'approche de l'hivernage procèdent aux nettoyages des champs voir aux dessouchages des arbustes, aux ratissages des herbacées et à leur brûlage et de plus après la récolte tous les résidus de récoltes comme les fanes d'arachide et les tiges de céréales sont emportées et enlevées des champs.

**Figure 38** – Ramassage et brûlage des résidus de récoltes en milieu paysan du SBA (Source: nos enquêtes)

**Figure 38** – Collection and burning of crop residues in farmland of the SBA (Source: our surveys)

**Figura 38** – Amontoa e queima dos resíduos da colheita em área agrícola de SBA. (Fonte: o autor)



#### 3.3.4.4 Quelques résultats de recherche sur le semis direct sous couvert végétal permanent

Dans le cadre de la thèse, un dispositif expérimental sera élaboré en hivernage 2015. Il servira à faire des comparaisons entre les pratiques culturales actuelles au Sénégal et le semis direct sous couverture végétale combinant des graminées et des cultures principales comme le mil, l'arachide et le maïs. Sur ce dispositif expérimental se fera des analyses physiques et chimiques du sol, de dynamique de l'eau et du profil cultural. Ce dispositif expérimental sera maintenu en contre-saison 2015 jusqu'à l'hivernage 2016 afin de d'évaluer la capacité de récupération et de production de biomasse par les graminées implantées dans l'essai. En effet, beaucoup d'auteurs comme Ralisch *et al.*, (2007), Ralisch *et al.*, (2008), Calegari *et al.*, (2008), Guimarães *et al.*, (2012), Roboredo (2010), Sarmiento (2008), Sinnett (2008) et Ferreira (2010) ont eu à travailler sur les mêmes thèmes et ont eu des résultats satisfaisants. Actuellement, au Brésil le profil cultural est considéré comme un excellent outil de diagnostic, de prédictions et de management des sols de culture.

**Figure 39** – Réalisation d'un profil culturel à IAPAR<sup>35</sup> par le laboratoire Sol de la UEL<sup>36</sup> au Brésil (Source : nos enquêtes)

**Figure 39** – Realization of a cultural profile at IAPAR by the Sol laboratory of UEL in Brazil (Source: our surveys)

**Figura 39** – Avaliação do perfil cultural de solo no IAPAR realizada pela equipe do laboratório de solo da UEL, Brasil. (Fonte: o autor)



Dans d'autres contrées du monde comme le Madagascar où depuis plus d'une décennie Seguy *et al.*, (2009) ont beaucoup travaillé sur différents aspects du semis direct (agronomie, sociale et économique...) et ont réussi à faire adopter la technologie du semis direct sous couvert végétal permanent aux petits producteurs. A l'heure actuelle, leurs travaux sur le semis direct au Madagascar sont couronnés par la publication d'ouvrage en volume 1 et en volume 2.

Selon Corbeels (2014), en Afrique des pays comme Kenya, Mozambique, Zambia, Zimbabwe, Tanzania, Malawi, Ghana, Cameroun, Burkina, Mali mènent des études d'insertion et d'adoption du semis direct au niveau des exploitations agricoles.

Toujours en Afrique au Maroc, le semis direct sous couvert végétal permanent est en stade motorisé. D'ailleurs, des essais de comparaison entre le semis direct sous couvert végétal permanent et la culture conventionnelle ont été menés chez quelques agricultures. De ces essais, des résultats meilleurs en faveur du semis direct sous couvert végétal permanent ont été notés sur tous les plans comme agronomique (rehaussement de la fertilité et meilleur rendement des cultures) et économique (réduction de la main d'œuvre,

<sup>35</sup> IAPAR : Institut Agronomique de Paraná

<sup>36</sup> UEL : Université de Londrina

bonne gestion du temps et réduction du coût du gasoil pour le tracteur) (MAPM/DERF<sup>37</sup>, 2008).

**Figure 40** – Motorisation des itinéraires techniques du semis direct sous couvert végétal permanent au Maroc (Source : MAPM/DERF, 2008)

**Figure 40** – Motorization of technical itineraries for permanent cover crop system in Morocco (Source : MAPM/DERF, 2008)

**Figura 40** – Sistema Plantio Direto com cobertura permanente e motomecanizado no Marrocos. (Fonte: MAPM/DERF, 2008)



Ces outils énumérés ci-dessus permettront de recueillir tous les renseignements livrés par le sol abritant l'essai afin de pouvoir y produire une biomasse de qualité et en quantité.

#### 3.3.4.5 Expérience brésilienne en matière de semis direct sous couvert végétal permanent

Pour la mise en œuvre du projet de thèse, l'expertise Brésilienne est largement sollicitée car le Brésil a une longue histoire en matière de semis direct sous couvert végétal permanent plus connu sous le nom de « SISTEMA PLANTIO DIRETO ». Il a été introduit pour la première fois en 1972 au Sud du Brésil (Oliveira et al, 2002). Le semis direct sous couvert végétal permanent propose une agriculture conservatrice et respectueuse de l'environnement de par l'augmentation graduelle de la matière organique dans la couche superficielle du sol (0-10 cm) (Lopes *et al*, 2004). Cette matière organique en quantité suffisante contribue à la fertilité du sol qui participe à l'amélioration de la structure du sol. Au Brésil selon Lopes *et al.*, (2004), il y'a plusieurs œuvres littéraires récentes qui ont travaillé sur la gestion de la fertilité dans certaines régions du Brésil (SA, 1999 ; Wiethölter, 2000b, 2000c ; Caires, 2000 ; Sousa et Lobato, 2000 ; Freire *et al.*, 2000 et Oliveira *et al.*, 2002) . Cet

<sup>37</sup> MAPM/DERF : Ministère de l'Agriculture et de la Pêche Maritime/ Direction de l'Enseignement, de la Formation et de la Recherche

effet bénéfique de fertilisation du sol par l'application du semis direct est très important pour les sols des pays tropicaux comme le Sénégal dont les sols sont réputés pauvres et dégradés (Hamon, 1967 cité par Ndiaye, 1996).

Cette situation de dégradation des sols se manifeste dans les sols ferrugineux tropicaux majoritaires au Sénégal après leurs mises en culture, le stock de matière organique du sol baisse jusqu'à des niveaux d'équilibres médiocres (Ndiaye, 1996). C'est dire que la matière organique (M.O) joue un rôle important dans la structure du sol. Elle reflète la fertilité du sol. C'est dans ce sens que Ganry (1985), nous dit que l'apport de matière organique enrichit le pool d'azote humique biologiquement stable et peut enrichir durablement la fertilité du sol.

Pour mener à bien cette thèse plusieurs voyages d'études et d'échanges à travers le Brésil où le semis direct sous couvert végétal permanent se pratique pour les petits producteurs seront visités afin d'appréhender et de s'approprier de cette technologie pour le grand bonheur de l'agriculture familiale sénégalaise.

#### **4. ARTICLE 1. POSSIBILITES DE SUBVENTION ET CONDITIONS D'ADOPTION DU SEMOIR DE SEMIS DIRECT SOUS COUVERT VEGETAL PERMANENT VERSION SUPER ECO AU SENEGAL**

##### RESUME

Le Sénégal a une riche expérience en matière de mécanisation agricole à travers ces nombreux programmes et projets qui ont entraîné le succès du semoir Super Éco auprès des producteurs et la réduction des temps de travaux. L'objectif de cette étude était de voir les possibilités de subvention du semoir SDCVP-éco par l'Etat afin de faciliter son adoption par les producteurs du Sud du Bassin Arachidier. La méthodologie avait consisté à faire une revue bibliographique autour de la mécanisation agricole au Sénégal, à interviewer les experts du domaine, les Directeurs Régionaux de Développement Rural et le chef de production de la Société Industrielle Sahélienne de mécanique, de Matériels Agricoles et de Représentations (SISMAR) et à dresser un questionnaire adressé à 90 artisans spécialisés dans la fabrication du matériel agricole de traction animale répartis dans le Sud du Bassin Arachidier portant sur le prix de vente du semoir Super Éco. Les résultats ont montré une forte implication de l'Etat à travers la mise en place de la Direction de la Modernisation de l'Équipement Rural (DMER) dotée d'un important lot d'équipements agricoles subventionnés à hauteur de 70% a été distribué aux producteurs afin de pouvoir participer à la souveraineté alimentaire du pays. Les résultats montrent aussi que la SISMAR outillée est très expérimentée dans la fabrication du semoir super éco. Les résultats sur les enquêtes des artisans montrent que le prix moyen de vente du semoir super éco est variable d'une région à une autre. Il est d'environ 75000 Fcfa à Kaolack, de 80000 Fcfa à Kaffrine et de 90000 Fcfa à Fatick. Ces différences de prix du semoir super éco sont dues par le fait que les artisans ne sont pas salariés et qu'ils conçoivent le semoir selon le type de clientèle soit en utilisant la ferraille pour les producteurs de faible revenu ou les vendeurs de pièces détachées ou en utilisant la matière première neuve au niveau des quincailleries.

En conclusion, la mécanisation agricole au Sénégal est en évolution surtout avec l'utilisation de la motorisation des cultures dans les zones jadis réputées pour la traction animale comme dans les zones centres du Sénégal sous cultures pluviaux. Aussi dans le pays, on assiste ainsi à l'émergence des établissements de formation professionnelle et technique qui forment des ressources humaines qualifiées pouvant participer à la modernisation et à la professionnalisation du secteur de l'agriculture.

**Mots-clés** : acteurs, mécanisation agricole, politiques agricoles, Sénégal

## **POSSIBILITIES OF SUBSIDIZING AND CONDITIONS OF ADOPTION OF THE ANIMAL POWERED NO-TILL SEEDER VERSION SUPER ÉCO IN SENEGAL**

### **ABSTRACT**

Senegal has a rich experience in agricultural mechanization through these numerous programs and projects that have resulted in the success of the seed drill Super-Éco from producers and the reduction of the working time. The objective of this study was to see the possibilities of subsidizing the seeder drill SDCVP-eco by the State in order to facilitate its adoption by the producers of the South Peanut Basin. The methodology consisted of a bibliographic review of agricultural mechanization in Senegal, interviewing experts in the field, Regional Directors of Rural Development and the production manager of the Sahelian Industrial Company of Mechanics, Agricultural Equipment and Representation (SISMAR) and drawing up a questionnaire addressed to 90 artisans specialized in the field of agricultural animal traction equipment living in the South Peanut Basin on the selling price of the seeder drill super-eco. The results showed a strong involvement of the State through the establishment of the Direction of the Modernization of Rural Equipment (DMER) with a large batch of agricultural equipment subsidized to 70% was distributed to producers in order to participate in the food sovereignty of the country. The results also show that SISMAR full of tools is very experienced in the manufacture of the seeder drill Super Éco. Results from artisan surveys show that the average selling price of the seeder drill Super-Éco varies from region to region. It is about 75000 Fcfa in Kaolack, 80000 Fcfa in Kaffrine and 90000 Fcfa in Fatick. These differences in the price of the seeder drill Super-Éco are due to the fact that the artisans are not salaried and they build the seeder according to the type of customer either by using the scrap metal for low income producers or sellers of spare parts. In the opposite, they use new material buying for the hardware store for customer who want a quality seeder.

In conclusion, agricultural mechanization in Senegal is evolving especially with the use of motorization of crops in areas formerly known for animal traction as in the central areas of Senegal under rainfed crops. Also in the country, there is the emergence of vocational and technical training institutions that train qualified human resources that can participate in the modernization and professionalization of the agricultural sector.

Keywords: actors. agricultural mechanization, agricultural policies, Senegal

#### 4.1. INTRODUCTION

Le Sénégal a une longue et riche expérience en matière de mécanisation agricole (Faye, 2005 ; Havard et Side, 2013). Son introduction au niveau des systèmes de culture a permis de réduire les temps des travaux et de la main d'œuvre, d'augmenter les superficies emblavées et en conséquence d'augmenter les productions. Conscient du rôle positif que peut apporter la mécanisation agricole dans le système agraire, l'Etat a mis sur place un Programme Agricole (PA) à partir de 1958 jusqu'en 1979 (Havard, 1986, Bordet *et al.*, 1988). Le PA était l'instrument privilégié pour l'accroissement de la production arachidière et céréalière. Sa mise en place a entraîné la création de diverses structures comme la Division du Machinisme Agricole au Centre National de Recherches Agricoles (CNRA) de Bambey, la Société Industrielle Sénégalaise de Matériels Agricoles (SISCOMA), devenue plus tard la Société Industrielle Sahélienne de mécanique, de Matériels Agricoles et de Représentations (SISMAR) pour la fabrication des matériels agricoles de traction animale, les coopératives (1960) comme mode d'organisation pour l'acquisition du matériel agricole et des intrants, l' Office National de Coopération et d'Assistance pour le Développement (ONCAD) pour exécuter le PA à travers la distribution des pièces de rechange et de matériel ainsi que la commercialisation des produits, les sociétés d'encadrement, de vulgarisation et de formation du monde rural (Société de Développement et de Vulgarisation Agricole (SODEVA), Société de Développement et des Fibres Textiles (SODEFITEX), Société de Mise en Valeur de la Casamance (SOMIVAC) et le financement assuré par la Banque Sénégalaise de Développement (BSD) puis par la Banque Nationale de Développement du Sénégal (BNDS)) (Havard, 1987). Les résultats de toute cette politique est que plus de 80% des mises en place de matériels ont été effectués pendant le PA principalement dans le bassin arachidier. Depuis 1963, l'ensemble de ces matériels ont été fabriqués par la SISCOMA (actuelle SISMAR) sauf les charrettes. A partir de 1964, la situation s'améliore avec l'encadrement dense appliqué par la Société d'Assistance Technique (SATEC), puis la SODEVA (actuelle Agence Nationale du Conseil Agricole et Rural (ANCAR)) dans le bassin arachidier ; il en ressortira une meilleure utilisation des outils, l'étude d'une politique locale d'équipement. Jusqu'en 1979, la diffusion des matériels légers sera régulière (Havard et Mbengue, 1989).

De 1980 à 1994, l'Etat a mis en place une nouvelle politique agricole (NPA) qui devait favoriser le rééquilibrage entre les revenus du monde rural et ceux du monde urbain afin de stopper les migrations en créant des mécanismes attrayant comme l'ouverture de la CNCAS en 1984 pour faciliter les crédits. A cette période, on assiste à la réouverture de la

SISCOMA (actuelle SISMAR) en 1982 pour la fabrication (Havard, 1987). En dehors du CNCAS, des structures comme la SAED, la SODEFITEX et le PIDAC accordent du crédit mais tout en se chargeant de l'approvisionnement en intrants et en matériels agricoles. La SAED assure la maintenance du matériel agricole (tracteur et motopompe) jusqu'en 1989 (Havard et Mbengue, 1989).

Le retrait de l'Etat a permis le développement d'initiatives privées et du monde associatif pour assurer la relève des structures étatiques comme la SAED mais cela a aussi entraîné une situation économique du monde rural totalement dégradée où les paysans sont laissés à eux-mêmes (Prêcheur, 2012).

De 1994 à 1997, le Gouvernement du Sénégal s'est orienté, en collaboration avec la Banque Mondiale, vers un Programme d'Ajustement du Secteur Agricole (PASA) sous la forme d'une Déclaration de Politique de Développement Agricole (DPDA) où aucune mesure n'a été prise pour équiper le monde rural ou pour renforcer la maintenance de l'existant. C'est pourquoi au sortir de cette période, le parc matériel agricole s'est fortement dégradé (Sow, 1995 ; MAER, 2012).

En 2005, un important lot de matériels agricoles composés de tracteurs indiens et de motopompes destiné au rééquipement du rural ont été obtenus avec les programmes spéciaux de l'Etat comme TEAM 91 afin de favoriser le retour des jeunes à la terre d'où la dénomination du plan retour vers l'agriculture (REVA).

Ces actions se sont arrêtées en 2007 entraînant l'utilisation de matériels vétustes peu performants et parfois même un retour à la culture manuelle dans certaines zones.

Mais avec la crise alimentaire de 2008, un nouveau regain d'intérêt est accordé au secteur de la mécanisation agricole par les gouvernements africains afin de moderniser leur agriculture grâce à la motorisation (Havard et Side, 2013). C'est dans cette optique que la Direction de Modernisation de l'Équipement Rural (DMER) a été créée en 2012 et a hérité du Programme Agricole Quinquennal (PAQ 2012-2017) que lui a confié le Ministère de l'Agriculture et de l'Équipement Rural (MAER) afin de contribuer positivement à la modernisation de l'agriculture Sénégalaise (MAER, 2012) ce qui doit permettre d'atteindre l'autosuffisance alimentaire et par ricochet la sécurité alimentaire du pays.

Au Sénégal, le semoir super éco d'Ulysse Fabre est le matériel agricole à traction animale qui est le plus demandé sur le marché par les producteurs sénégalais. Diffusé dès les années 30, il a été adopté massivement par le paysannat sénégalais avec 272 000 unités de 1958 à 1980 dans le cadre du programme agricole (Havard, 1986, Bordet *et al.*, 1988) d'où

son succès auprès du monde rural. Il se compose d'une trémie (5 kg environ) montée sur un carter traversé par un arbre sur lequel est monté le mécanisme de distribution (un pignon 8 dents et un plateau disque de commande 24 trous). Le disque distributeur, bloqué en position sur le plateau par un système simple composé de deux ergots, d'un ressort et d'un écrou molleté, entraîne dans son mouvement rotatif les graines vers la lumière de sortie, où elles sont éjectées dans la goulotte de descente par un éjecteur fixé sur la cloison (Fall, 1985 cité par Diop, 2011).

Les disques distributeurs mis au point ou adaptés au Sénégal peuvent être répartis soit en groupes ou classes, ou plus simplement en utilisant la nomenclature crans, trous ou alvéoles et cuillères, en fonction des espèces et des variétés. Les disques les plus courants sont à 20 et 30 crans, 24 et 30 trous, essentiellement destinés au semis de l'arachide (huilerie et bouche), 16 trous pour le maïs, 4 et 8 trous pour le mil et le sorgho avec utilisation possible de cache (bouchage des 4 trous) pour le semis du mil et l'utilisation des cuillères 3, 4 et 5 pour le mil.

Le niébé est semé avec 8 trous et le coton, avec 16 crans. Pour le coton, il existe un autre type de semoir pour les graines non délintées, le semoir Tamba.

La densité du semis au semoir est fonction du nombre de trous, crans ou cuillères, de l'épaisseur du disque et de l'écartement entre les lignes. Par la forme de ses organes d'enterrage (deux rasettes et la roue plombeuse), le semoir super éco permet un semis direct sur un terrain nettoyé des résidus végétaux du cycle précédent, conformément aux pratiques traditionnelles de semis (Bordet *et al.*, 1988).

Le semoir super éco exige des conditions précises pour son utilisation à savoir :

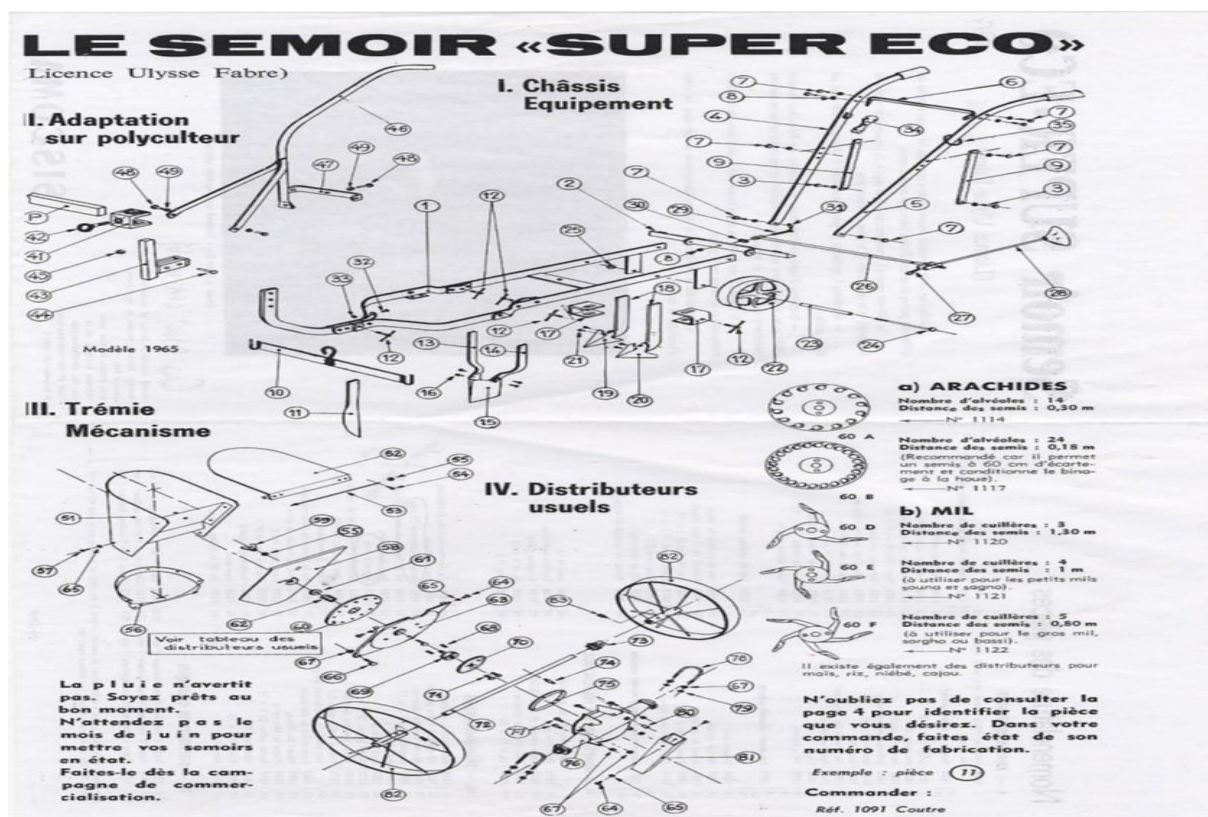
- un terrain ameubli dépourvu de résidus de récolte ;
- des graines propres, triées et calibrées ;
- à chaque type de graine et type de semis (densité, écartements) correspond un distributeur adapté ;

La profondeur de semis varie entre 3,5 cm et 4 cm selon l'espèce et la variété.

**Figure 41** – Vue éclatée des différentes composantes du semoir super éco (catalogue SISCOMA, 1966)

**Figure 41** – Exploded view of the different components of the animal powered seeder «super éco» (Source: SISCOMA catalog, 1966)

**Figura 41** – Visão explodida da semeadora Super éco, a tração animal. (Fonte: Catálogo SISCOMA, 1966).



Le semoir Super Éco étant très utilisé au Sénégal avec les chevaux et les ânes (Bordet *et al.*, 1988), c'est ce qui nous a amené à proposer d'adapter le Super-Éco au système de semis direct sous couvert végétal. Depuis la fin de la seconde guerre mondiale, de nombreuses modifications ont été apportées au semoir Super Éco par la recherche (Institut Sénégalais de Recherche Agricole – ISRA-) et par les principaux constructeurs (Ulysse Fabre et SISMAR - ex-SISCOMA), mais seuls certains disques adaptables sur le Super-Éco pour semer l'arachide, le maïs, le mil et le sorgho ont diffusé chez les agriculteurs ; les adaptations ci-après sont restées au stade prototype (Havard, 1986 ; Havard, 1988) :

- adaptation d'un dispositif spécifique sur le bâti du super-éco pour épandre de l'engrais au semis (constructeur Ulysse Fabre) ;
- adaptation du distributeur à plateau aux semences de coton non délinté en ajoutant dans la trémie un disque à aubes assurant l'alimentation du disque par compression des graines dans les alvéoles (constructeur Ulysse Fabre) ;

- remplacement du distributeur à plateau incliné par un distributeur spécifique pour le coton non délinté appelé “Tamba” (constructeur SISCOMA) ;
- adaptation sur le bâti du Super-Éco, d’un dispositif pour enfouir un produit nématicide liquide à 15 cm de profondeur au semis de l’arachide ; appareil appelé « stériculteur de nématicide » (Havard, 1998) (recherche ISRA, constructeur SISMAR) ;
- différentes conceptions de semoirs multirangs ont aussi été tentées pour mieux valoriser la puissance de traction d’une paire de bœufs, et semer plus rapidement : i) bâti avec plusieurs trémies (trois) sur le polyculteur, ii) accoupler deux trémies de Super-Éco en prévoyant un dispositif de réglage des interlignes, iii) attacher deux semoirs Super-Éco à un palonnier. Les semoirs multirangs ne se sont pas développés, car la traction bovine est peu utilisée au semis, et la présence de souches, d’obstacles dans les champs est un frein à l’utilisation des semoirs multirangs (Havard, 1988).

Dans ces conditions, comment peut-on développer un semoir de semis direct sous couvert végétal permanent local à traction animale de prix de cession équivalent ou plus bas que ceux des semoirs artisanaux et industriels au niveau national ou au niveau de la sous-région ? Cette question nous permet de cerner l’objectif de cet article qui est de voir les possibilités de subvention du semoir SDCVP-éco par l’Etat afin de faciliter son adoption par les producteurs du Sud du Bassin Arachidier.

Cet article décrit en premier lieu la situation de mécanisation agricole au niveau du Sénégal en mettant l’accent sur le semoir Super Éco, son utilisation et les possibilités de son adaptation au semis direct sous couverture végétale permanent (SDCVP).

## 4.2. METHODOLOGIE

### 4.2.1. Questionnaires adressées aux artisans du Sud du Bassin Arachidier

Un questionnaire relatif aux prix de matériels agricoles à traction animale et plus particulièrement sur le semoir super éco a été adressé à 90 artisans répartis dans les trois régions du Sud du Bassin Arachidier.

Les enquêtes ont été menées dans le Sud du Bassin Arachidier car c'est la principale zone de traction animale, de dégradation des sols et de présence de structures intervenant dans la défense et la restauration des sols. C'est une zone aussi où il existe des chambres de métier, de réseaux d'artisan et d'ONG ou de projet qui s'activent autour du métier du métal-fer. C'est dans ce sens que nous avons opté de travailler dans le Sud du Bassin Arachidier afin de donner plus de sens de réussite au projet d'introduction du semis direct sous couvert végétal permanent au niveau des exploitations agricoles de cette zone. Ainsi, les enquêtes ont été menées auprès d'artisans des trois régions du Sud du Bassin Arachidier (Kaolack, Kaffrine et Fatick) pouvant concevoir le semoir de SDCVP basé sur le cahier des charges ci-dessous.

Pour ce faire, chaque service régional de développement agricole de ces trois régions a été associé : visite de courtoisie avec le Directeur Régional du Développement Rural (DRDR) de la région, entretien avec le Directeur de la chambre de métier où sont regroupés les artisans.

Les artisans répondant aux spécifications techniques du cahier des charges (voir encadré), spécialisés dans la fabrication du matériel de culture attelée et disposant du minimum d'outillages pour la fabrication du semoir de semis direct sous couvert végétal version Super Éco ont été sélectionnés.

- la création d'un semoir local à partir du super éco plus simple et moins coûteux inspiré du semoir brésilien de semis direct (Fitarelli) ;
- le renforcement du bâti du semoir par un fer plat 30 x 10 au lieu du fer plat 30 x 8 qui est plus rigide et est capable de résister aux efforts de traction (horizontal, vertical et résultant) dus à l'étirement de la machine par de l'animal de trait en déplacement ;
- l'élimination des rasettes diminue l'effort de pénétration en profondeur du sol et réduit la puissance de traction tout en facilitant la souplesse de la machine ;
- la conception de deux roues plumbeuses lestées avec de l'aluminium 5 montées à partir de l'extérieur du semoir jouant en même temps le rôle de rasettes ce qui permettra de fermer le sillon ouvert par le soc-semeur et de couvrir les graines distribuées ;

- le rehaussement du bâti afin d'éviter les obstacles (couverture vivante ou morte, débris etc...);
- l'agrandissement des roues motrices avec un fer plat 40 x 6 de diamètre 50 cm soit 10 cm de plus par rapport au Super Éco permet à la machine de travailler librement sans toucher le couvert et aussi de semer plus vite et de gagner du temps dans les travaux ;
- le renforcement du soc-semeur par une tôle forte plus rigide et capable de résister aux chocs et aux déformations avec une extrémité en forme de bec permettant d'attaquer et de pénétrer facilement le sol de couverture végétale ;
- l'ajout d'un disque coupeur crénelé en tôle 2 acier de diamètre 28 cm fixé à l'avant train du semoir grâce à une fourche en fer plat de 30 x 6 permettant de couper les débris et d'ouvrir le sillon facilitant le travail du soc-semeur venant dernière ;
- la conception de disques semeurs permettant d'obtenir les densités de graines recommandées avec l'utilisation de la nouvelle roue motrice.

#### 4.2.2. Guides d'entretien et interviews des personnes ressources

La méthodologie retenue dans cette partie est le cadre méthodologique qui a été utilisé avec succès par Side (2013) dans son travail intitulé « Stratégie de mécanisation de l'agriculture familiale en Afrique Subsaharienne inclus étude de cas du Burkina Faso » où il a fait une revue de la littérature et des entretiens avec des personnes ressources sur le développement et l'analyse des dynamiques de la mécanisation agricole en Afrique Subsaharienne et au Burkina Faso. Dans ce travail, nous avons adopté la même méthodologie en ce qui concerne la revue et les recommandations à formuler pour des perspectives radieuses dans le secteur de la mécanisation agricole au Sénégal. Aussi nous avons compléter cette méthodologie afin d'avoir une large gamme d'informations pour bien camper le thème de notre étude relatif à la mécanisation au Sénégal en visitant les sites d'intérêt. Pour cela, ces outils ci-dessous ont été utilisés.

#### 4.2.2.1. Collectes de données et d'informations.

La collecte des données et des informations s'est déroulée comme suit :

##### 4.2.2.1.1. Revue documentaire

La revue documentaire a consisté au rassemblement et à l'exploitation de toutes les informations disponibles sur la mécanisation en visitant la Bibliothèque du Centre National de Recherches Agronomiques (CNRA) de Bambey, aux archives, rapports et mémoires département machinisme agricole du CNRA de Bambey et à l'internet. Cette revue a permis d'avoir une claire vision sur la situation antérieure de la mécanisation agricole au Sénégal.

##### 4.2.2.1.2. Entrevues

L'analyse documentaire a été complétée par des entrevues auprès des personnes-ressources représentant le secteur privé, les structures de développement, l'administration fiscale et douanière, l'administration centrale du secteur agricole. Ces entrevues ont permis d'obtenir des informations qualitatives et quantitatives sur les sources de financement des équipements agricoles, sur les choix des matériels, sur les prix et sur le nombre de matériels acquis par catégorie (matériels de travail du sol, d'entretien des cultures, de semis, de récolte et de post-récolte).

Après les entrevues, des rapports et des documents relatifs à la mécanisation agricole au Sénégal nous ont été transmis pour servir de support de travail.

##### 4.2.2.1.3. La conception des outils

Les guides d'entretien adressés aux Directeurs Régionaux du Développement Rural (DRDR), au Directeur de la Direction de la Modernisation de l'Équipement Rural (DMER) et aux Experts du machinisme agricole au Sénégal étaient axés principalement sur la situation actuelle et sur les perspectives de la mécanisation agricole au Sénégal.

Tandis que celui qui a été élaboré pour le Chef de producteur de la Société Industrielle Sahélienne de mécanique, de Matériels Agricoles et de Représentations (SISMAR) était plus axé sur le fonctionnement de l'usine, le processus de fabrication du semoir super éco et sur le coût de production du semoir super éco et de ces pièces détachées après sortie usine, les difficultés et les perspectives de l'usine.

Au sortir de la revue documentaire, de l'exploitation des guides d'entretien et des questionnaires, des analyses avec l'aide du logiciel Excel 2013 nous ont permis de faire la statistique descriptive pour le calcul des moyens et des écarts types relatifs aux prix de vente du semoir Super Éco conçu par les artisans locaux établis dans le Sud du Bassin Arachidier. Le logiciel Word 2013 a été utilisé par la suite pour la rédaction de l'article.

### 4.3. RESULTATS

#### 4.3.1. La diffusion des matériels agricoles de culture attelée

##### 4.3.1.1. Les grands programmes de 2000 à nos jours

En 2005, l'Etat a entrepris de financer les matériels agricoles à travers des projets et ou programmes spéciaux notamment le TEAM 9<sup>38</sup> qui a permis de l'acquisition de 510 tracteurs obtenus dans le cadre de la ligne de crédit de 15 millions de dollars US alloués par le gouvernement Indien. Ces tracteurs subventionnés par l'état à hauteur de 40 %, sont ainsi répartis : 410 pour les Régions et 100 pour l'Etat du Sénégal (certains mis en service pour les pôles d'émergence intégrés du Plan Retour Vers l'Agriculture (Plan REVA)). A ces tracteurs s'ajoutent l'acquisition de 1371 Groupes Motos Pompes (GMP) et leurs accessoires (bacs flottants, Chariots, tuyaux, crépines, etc...) pour les producteurs de riz dans le cadre du Programme National d'Autosuffisance en Riz.

Toujours dans sa politique de rééquipement du monde rural, l'Etat à travers le programme de relance de la filière maïs au Sénégal a diffusé un certain des matériels à traction animale au niveau des régions et plus précisément dans le bassin arachidier où la région de Diourbel avait bénéficié de 300 houes sine, de 300 semoirs super éco, de 100 charrettes asines et de 75 charrettes équines (DRDR Diourbel, 2006).

Ces actions se sont arrêtées en 2007 entraînant l'utilisation de matériels vétustes peu performants et parfois même un retour à la culture manuelle dans certaines zones.

Face à cette situation, les nouvelles autorités du Sénégal installées en 2012 ambitionnent de faire de l'agriculture le moteur de l'économie nationale et la sécurité alimentaire un défi à relever. La finalité poursuivie est d'asseoir la souveraineté alimentaire du pays et d'améliorer les revenus des producteurs en boostant les productions agricoles et en les valorisant par une transformation locale. Le travail de définition d'un Programme Agricole

---

<sup>38</sup> Techno Economic Approach for Africa-India Movement mis sur pied en mars 2004 entre l'Inde et neuf (9) pays d'Afrique de l'Ouest : Burkina Faso, Tchad, Côte d'Ivoire, Guinée Equatoriale, Ghana, Guinée-Bissau, Mali, Niger et Sénégal. Le Bénin a rejoint le programme en 2009.

Quinquennal (PAQ) (2012 - 2017) du Ministère de l'Agriculture et de l'Équipement Rural confié à la Direction de la Modernisation de l'Équipement Rural (DMER) entre dans ce cadre de recherche d'une sécurité alimentaire du Sénégal.

#### 4.3.1.2. L'accessibilité actuelle aux matériels agricoles à travers la Direction de la Modernisation de l'Équipement Rural (DMER)

Actuellement, des actions de rééquipement du parc matériel agricole tant en matériel de cultures attelées qu'en motorisées qui jadis dans le passé était un parc vétuste, se font par l'intermédiaire de la Direction de la Modernisation de l'Équipement Rural (DMER) au niveau du monde rural.

Cette direction a été mise sur pied par le **Décret 2012-674 du 4 juillet 2012** et est rattachée au Ministère de l'Agriculture et de l'Équipement Rural (MAER). Cette structure travaille au niveau régional avec les directions de l'agriculture dirigé par des DRDR qui sont appuyés au niveau départemental par les Services de Développement Rural (SDDR). Au niveau départemental, la DMER a au moins un de ces agents comme point focal qui travaille en étroite collaboration avec le SDDR.

La DMER coordonne l'opération 2000 tracteurs (dont 1200 réceptionnés et 800 autres en attente), 60 000 unités à traction animale, 26 moissonneuses batteuses et divers autres matériels agricoles comme les accessoires des tracteurs et des équipements post-récoltes initiée en 2012 pour cinq années par le Chef de l'Etat. Cette opération de mise à disposition d'équipements subventionnés (charrues disques, charrues à socs, semoir super éco, houe sine, houe occidentale, semoirs maraîchers) aux exploitations agricoles consiste en la fourniture d'équipements agricoles par tout le quinquennal du nouveau régime de l'alternance. Le matériel subventionné par l'Etat à hauteur de 60 % sur le prix hors taxe hors douane (HTVA) du coût d'acquisition des équipements (annexe 1). Ce matériel est destiné pour toutes les catégories sociales sans exception de genre (homme, femme, et jeunes).

Tous les sénégalais disposant des terres peuvent accéder aux équipements en particulier l'exploitation familiale et ensuite les agrobusiness<sup>39</sup> qui disposent de plus de 1000 ha mais à condition que ces derniers acceptent de signer des contrats de perfectionnement. Le contrat de performance est un document liant par un contrat le bénéficiaire et la DMER (annexe 2).

---

<sup>39</sup> Agrobusiness : ce sont des privés nationaux ou internationaux qui demandent des terres à usage industriel aux collectivités locales soit par un bail ou par un titre foncier afin de les exploiter en y créant des emplois directement ou indirectement aux bénéfices des populations de la zone

#### 4.3.1.3. Condition d'accès aux équipements motorisés du programme Plus-Aliments

La lettre circulaire du ministre de l'agriculture et de l'équipement rural (annexe 2) fixe les conditions de répartition du matériel agricole motorisé du programme de coopération brésilienne (**Plus d'aliment**).

Chaque région a son quota. Après le quota, chaque région au niveau du comité régionale organise un comité régional de développement (CRD) élargi pour répartir le matériel par département d'abord. Au niveau départemental, le préfet fixe par un arrêté pour désigner les membres du comité de distribution. Ce comité départemental informe les sous-préfets le quota de matériel octroyé à sa commune.

Les demandes sont reçues au niveau de ces sous-préfectures et de la préfecture. Normalement, la demande devait aller au niveau de la préfecture mais pour impliquer les autres, le préfet a associé ces sous-préfets.

Avant les attributions, la commission chargée de la distribution du matériel se déplace vers la personne supposée bénéficiaire pour voir s'il est dans les dispositions pour avoir le tracteur.

C'est dire la personne bénéficiaire doit être agriculteur, avoir le terrain et l'avoir cultivé.

La raison qui explique ce déplacement de la commission est qu'il y a beaucoup de demande et peu de matériel. Par exemple, pour toute la région de Kaolack il y a 22 tracteurs et dans chaque département il y a au moins 100 demandes.

#### 4.3.1.4. Procédure d'attribution de l'équipement motorisé au bénéficiaire

Quand quelqu'un est attributaire, le préfet fait une notification pour dire que cette personne est attributaire d'un tracteur.

Quand le bénéficiaire a la notification, il va au trésor pour verser l'argent directement car les tracteurs sont déjà là (disponibles).

Dans le Procès-Verbal (PV), on a notifié que la personne bénéficiaire s'il ne verse pas dans les 15 jours après la notification alors on lui retire le matériel.

Donc la personne paie pour avoir son matériel et quand elle paie le trésor lui donne une quittance. Quand il a sa quittance, il va à la gouvernance pour prendre son contrat. Quand on lui fait, le contrat, le gouverneur prend le dossier, le transmet au Ministre de l'Agriculture et de l'Equipement Rural et en même fait une copie au DRDR pour aller plus

vite. Le ministre transmet le dossier au Directeur de la Modernisation de l'Équipement Rural (DMER) pour la livraison finale.

#### 4.3.2. Promotion de l'entrepreneuriat local à travers l'accessibilité des équipementiers aux marchés de matériels agricoles à traction animale

Depuis plus d'une décennie de l'État à travers son ministère de l'enseignement supérieur encourage les innovations technologiques qui ont des impacts directs sur la société. L'adaptation du semoir Super Éco sur l'agriculture de conservation en est une. Le semoir de semis direct conçu localement par un artisan sénégalais est une inspiration du semoir Super Éco qui a connu des succès et une forte adoption dans le pays. Cette innovation ne bouleversant pas les habitudes de nos agriculteurs sera intégrée et adaptée par ces derniers. De plus, il sera facile à reproduire par les autres artisans car le principe de sa construction est identique au semoir Super Éco. Si le semoir de semis direct version Super Éco est industrialisé à travers la Société Industrielle Sahélienne de Mécanique, de Matériels Agricoles et de Représentations (SISMAR) alors l'État pourra accompagner la promotion de ce semoir auprès des producteurs en le subventionnant comme les autres matériels de culture attelée. D'ailleurs, l'État du Sénégal à travers son programme d'équipement du monde rural a investi sur le matériel à traction animale. Donc voilà autant d'arguments qui militent en faveur de la réussite de ce projet.

Aussi le regroupement des artisans autour de groupement d'intérêt économique (GIE) va leur permettre de se positionner en tant qu'entreprise afin d'avoir plus de chances pour concurrencer sur les marchés ou les commandes de l'État en matière de matériels agricoles à traction animale.

Avec ce processus d'entrepreneuriat, les artisans sont dans l'obligation de se professionnaliser à travers l'octroi d'outils de travail moderne et sophistiqué et d'être capable afin de répondre aux exigences en matière des normes de marchés fixées par l'État voir la qualité et le service bien fait. Ils pourront de ce fait satisfaire la demande locale en matière de matériels agricoles et même de faire des exportations vers les pays limitrophes.

### 4.3.3. Les capacités de fabrication du semoir super éco au Sénégal

#### 4.3.3.1. Au niveau artisanal

##### 4.3.3.1.1. La fabrication locale

L'importance du parc de matériel agricole à traction animale diffusé par les différents programmes de l'Etat a favorisé le développement de l'artisanat du fer pour la maintenance et les réparations des matériels agricoles diffusés, mais aussi la fabrication artisanale de certains équipements. Ce qui a permis de maintenir en service plus de vingt ans une grande partie des matériels agricoles.

##### 4.3.3.1.2. Forces des artisans

L'artisanat forgeron s'est fortement développé pour l'entretien et la maintenance des matériels agricoles de traction animale, mais aussi pour la fabrication de certains équipements. Aujourd'hui, les artisans forgerons couvrent l'essentiel de la demande en charrues, sarcleurs et charrettes ainsi qu'en pièces de rechange. Les artisans sont fortement impliqués dans la maintenance des matériels à différentes échelles : village, marché, ville d'importance régionale, surtout pour la fabrication de pièces détachées et de souleveuses.

##### 4.3.3.1.3. Faiblesses des artisans

Mais force est de constater que ces formations étaient plus focalisées sur la fabrication et la réparation des outils de travail du sol voir la houe etc... Le forgeron réussit à cloner tous les autres équipements fabriqués par la SISMAR, y compris des matériels de traction comme la houe ou la charrette à l'exception du semoir car il a des difficultés à fabriquer certaines parties du semoir (système de distribution).

**Figure 42** – Forge fabriquant des houes sine et des souleveuses dans le SBA (Source : nos enquêtes)

**Figure 42** – Workshop of artisan building sine hoe and digger in the SBA (Source : our surveys)

**Figura 42** – Oficina de construção de enxadas carpideiras em SBA (Fonte: o autor).



Parmi les contraintes des artisans du bassin arachidier on peut retenir : i) la saisonnalité du marché des matériels agricoles ; ii) l'accès difficile des artisans aux financements de leurs ateliers ; iii) une faible exigence des paysans pour la qualité des matériels, préférant payer moins cher ; iv) l'éloignement des ateliers d'artisans des villages ; v) le manque d'organisation des artisans ; vi) la vétusté des ateliers et des équipements des artisans ; vii) le manque de place pour stocker les matériels fabriqués ; viii) l'absence de la tenue de comptabilité ; ix) le manque de sécurité : pas de protection des branchements électriques, pas d'équipement de protection des artisans et de leur personnel comme les gants, les lunettes ou le tablier etc...

#### 4.3.3.2. Au niveau de la SISMAR

Elle fut le principal fournisseur du monde rural durant l'époque du programme agricole. C'est une entreprise spécialisée dans la fabrication de matériel agricole. Elle est assez équipée et dispose d'un personnel qualifié. Sa principale force est la qualité des produits qu'elle livre, même s'ils sont jugés chers par rapport à la production artisanale. D'ailleurs la plupart des semoirs recensés chez les paysans proviennent de la SISMAR (ex. SISCOMA). Actuellement une bonne partie de ses unités fabriquées sont destinées à l'exportation dans la sous-région ou à des programmes spéciaux (Organisation Non Gouvernementale (ONG), Organisations Socioprofessionnelles, etc...).

Il est utile de souligner que l'entreprise dispose d'un bureau d'études qui est le poumon de la chaîne de conception. En plus, ils ont des unités de traitement thermique leur permettant de modifier les propriétés mécaniques des métaux entrant dans la fabrication d'une pièce ou d'une autre suivant la sollicitation qui lui demandée.

#### 4.3.3.2.1. 1ère étape (la conception d'un prototype)

Avant la fabrication proprement dite ou en série qui est le dernier maillon de la chaîne, nous avons franchi en amont plusieurs étapes : il s'agit de la conception.

La conception a pour but de doter l'organe mis au point une certaine stabilité. A cet effet, il prend en compte un certain nombre d'incertitudes dans la connaissance des éléments suivants: charges que supporte l'organe en fonctionnement et le mode d'application plus ou moins brusque de ces charges ; nature et caractéristiques mécaniques du matériau. Théoriquement, pour qu'un organe calculé soit stable, les contraintes ne doivent pas dépasser la limite élastique ( $R_e$ ) du matériau, donné par l'essai de traction.

C'est pourquoi dans la conception :

(1) un certain nombre de modèles de calcul sont mis en œuvre en tenant compte des sollicitations qui seront mises en jeu, des caractéristiques du matériau qu'on pourra modifier par la suite en faisant recours à plusieurs procédés que nous citerons brièvement dans ce document ;

(2) La construction du prototype est la deuxième étape de la conception. Ce prototype fera l'objet de test ou des mesures de contraintes et déformations seront effectués et comparés aux modèles (1) pour deux finalités qui sont :

- amélioration des calculs théoriques ce qui est un travail quotidien au niveau du bureau d'études ;
- la fabrication en série : ce que nous voyons quand on rentre dans l'usine, ce que nous trouvons quand on visite une unité artisanale, etc...

Voilà la différence fondamentale entre les unités artisanales et les unités de type industriel. La différence de prix est liée à la qualité qui n'est rien d'autre que la quantité de travail que renferme le produit.

#### 4.3.3.2.2. 2ème étape (la fabrication en série)

Elle concerne le châssis, la trémie, les pièces travaillantes et accessoires. Elle comporte plusieurs sous parties :

##### 1. Choix gabarit

Pour la fabrication en série, des gabarits aidant à la mise en forme des éléments sont confectionnés.

## 2. Choix du type d'acier

Ce qui semble complexe est déjà dégrossi par les experts du bureau d'études. Il ne s'agit qu'à choisir le type d'acier qui répond à la sollicitation requise par la pièce dans le magasin de stockage. Les aciers quand ils sont importés par la SISMAR sont réceptionnés avec leurs caractéristiques bien mentionnées : nous avons les aciers d'usage courant et les aciers spéciaux qui sont généralement les plus utilisés dans la fabrication.

Les aciers spéciaux sont de haute qualité obtenus au four Martin ou au four électrique. Leur composition et caractéristiques sont situées dans d'étroites limites, afin de permettre le traitement thermique. Ils sont scindés en deux catégories :

- les aciers non alliés (au carbone) ;
- les aciers alliés qui en outre le carbone comportent un ou plusieurs éléments d'addition en proportion notable (acier au manganèse, acier au silicium, acier au chrome, aciers au nickel, acier au nickel-chrome, etc...).

## 3. Le traitement thermique des pièces

Les deux procédés utilisés sont:

### a) la trempe

Elle consiste à réchauffer la pièce à une température supérieure à celle d'un point de transformation (1500°C) et à le laisser refroidir ensuite brusquement dans un bain liquide (eau, huile) ou dans l'air. Les effets généraux de la trempe sont une augmentation des résistances, de la dureté, une diminution de l'allongement après rupture, du coefficient de striction. Comme effet secondaire, on peut avoir des déformations légères des pièces trempées, des voilements.

### b) le revenu

Il consiste à réchauffer un métal trempé à une température inférieure au point de transformation et à le laisser refroidir lentement ; on modère ainsi les effets de la trempe.

## 4. La commande des pièces nobles

Il s'agit du mécanisme du semoir (carter, pignon, plateau de commande). La SISMAR estime être en mesure de les réaliser, mais, il ne dispose pas d'appareils numériques pour réaliser des pièces en série et il juge beaucoup plus rentable de les commander à l'extérieur.

## 5. L'assemblage

Il consiste à faire le montage des différents éléments du semoir à l'aide d'éléments d'assemblage (vis, écrous, etc...).

**Figure 43** – Chaîne de fabrication des composants du semoir Super Éco à l'Usine SISMAR de Pout (Source : nos enquêtes)

**Figure 43** – Production line of the animal powered planter « Super Éco» components at the SISMAR factory in Pout (Source : our surveys)

**Figura 43** – Linha de produção da Super Éco, na fábrica SISMAR, em Pout (Fonte: o autor).



#### 4.3.3.3. Prix moyen du semoir super éco et de ces composantes au niveau industriel et artisanal

L'étude sur le prix de vente du semoir super éco fabriqué localement est variable au niveau des ateliers des artisans du Sud du Bassin Arachidier (tableau 2). Le prix moyen du semoir super éco se situe à environ 75000 Fcfa à Kaolack, à 80000 Fcfa à Kaffrine et à 90000 Fcfa à Fatick. La région de Fatick enregistre le prix minimum du semoir Super Éco le plus grand que les deux autres régions. Il est de 80000 Fcfa à Fatick, de 50000 Fcfa à Kaolack et de 65000 Fcfa à Kaffrine.

**Tableau 2** – Prix de vente des matériels agricoles de fabrication artisanale dans le Sud du Bassin Arachidier

**Table 2** – Sale price of local agricultural equipment fabricated by artisan in the South peanut Basin

**Tabela 2** – Preços de venda de máquinas agrícolas de construção artesanal na Bacia Sul do Amendoim.

Matériels agricoles	Kaffrine		Kaolack		Fatick	
	Moyenne (Fcfa)	Maxi – Mini (Fcfa)	Moyenne (Fcfa)	Maxi –Mini (Fcfa)	Moyenne (Fcfa)	Maxi –Mini (Fcfa)
Semoir super éco	80000	150000 - 65000	74642,86	125000 - 50000	90000	100000 - 80000

Les différences de prix sur le semoir super éco observées s’expliquent par le fait que la plupart des artisans enquêtés disent qu’ils ne sont pas salariés et en conséquent ils répondent à toute sorte de sollicitations venant de part des clients (producteurs et vendeurs de pièces détachées) afin de pouvoir satisfaire les problèmes quotidiens (les dépenses de la famille et la scolarisation des enfants), de payer la location de leur atelier, de l’électricité, de l’eau et certains apprentis.

Quand la clientèle sollicite un semoir de très bas prix comme un producteur de revenu faible ou les vendeurs de pièces détachées alors ils se rabattent aux matériels de récupérations provenant des ateliers mécaniques ou de vendeurs de ferrailles. Mais quand la clientèle exige un semoir de qualité alors ils achètent tout le matériel au niveau de la quincaillerie.

Les pièces détachées ou de rechanges du semoir super éco sont très disponibles sur le marché (annexe 3).

Comme les artisans, les vendeurs de pièces détachées jouent un rôle très important dans l’approvisionnement en pièces de rechange et au maintien du parc matériel agricole. Ils sont les interfaces directes entre les artisans et les producteurs. En effet, durant les périodes de soudure des artisans (au mois de janvier jusqu’au mois de mai), ils achètent à ces derniers à bas prix tout un lot de matériels de pièces de rechange à traction animale qu’ils stockent et attendent la période de forte demande (voir au mois de juin) pour les vendeurs plus chers aux producteurs. Mais, les artisans ayant compris ce manège des vendeurs leur font des

matériels de qualité moindre. Ce qui se répercute sur le matériel du producteur qui sera souvent en panne et en conséquent l'impact ou l'action de ces outils sur le sol auront sans doute un impact négatif sur la structure du sol. Des études doivent se faire afin d'élucider ce problème.

**Figure 44** – Vente de diverses pièces détachées à traction animale dans le marché hebdomadaire ou « **Louma** » dans le département de Nioro du Rip (Source : nos enquêtes)

**Figure 44.** – Sale of various spare parts of animal traction in the weekly market or « **Louma** » in the department of Nioro du Rip (Source: our surveys)

**Figura 44** – Venda de peças de equipamentos a tração animal num mercado em **Louma**, Nioro du Rip. (Fonte: o autor)



#### 4.3.4. Intérêt de la thèse

Ce projet d'insertion du semis direct sous couvert végétal permanent s'intègre aux demandes formulées par les acteurs étatiques et du développement sur la restauration des sols dégradés du bassin arachidier. Le système de semis direct de couverture végétale permanente permet d'améliorer la fertilité des sols tout en contribuant à la réduction de l'insécurité alimentaire par un accroissement durable de la productivité agricole. Le système de semis direct de couverture végétale permanente développe des technologies adaptées répondant aux besoins des producteurs tout en préservant l'environnement.

Cette coopération Sud-Sud entre le Brésil et le Sénégal en matière de mécanisation agricole et d'agronomie sera bénéfique pour les producteurs, les artisans-forgerons et les petits industriels sénégalais car il y aura un flux permanent d'échange de technologie et de ressources humaines de qualité.

#### 4.4. DISCUSSION

##### 4.4.1. Renouvellement du parc de matériels agricoles au Sénégal

Actuellement, des actions de rééquipement du parc matériel agricole tant en matériel de cultures attelées qu'en motorisées (MAER, 2012) qui jadis dans le passé était un parc vétuste (Fall, 1985 ; Sow, 1995 ; Diop 2011), se font par l'intermédiaire de la Direction de la Modernisation de l'Équipement Rural (DMER) au niveau du monde rural.

La capitalisation des acquis obtenus en matière de recherche dans le domaine de la mécanisation agricole et la mise en place de la DMER par l'État constituent une étape très importante vers la redynamisation et la modernisation de l'agriculture Sénégalaise à travers la mécanisation agricole.

##### 4.4.2. Possibilité de subvention du semoir de semis direct version Super Éco

Ainsi, grâce au mécanisme actuel mise en place par l'État à travers la MAER voir la DMER (organisme chargé de la question du matériel agricole dans le pays), où avec le programme de l'équipement du monde rural, une subvention à hauteur de 70% du prix de cession du matériel de type traction animale est accordée (annexe 4) (MAER, 2015). Ceci peut constituer un atout très important à prendre en considération dans la réussite du projet de semis direct sous couvert végétal au Sénégal.

En effet, le semoir de semis direct sous couvert végétal construit à l'image du semoir Super Éco peut être aussi subventionné et ce qui permettra de faciliter son adoption au niveau des producteurs de la zone du Sud du Bassin Arachidier.

##### 4.4.3. Effet et conséquence agronomique de l'utilisation de semoir artisanal de bas prix sur les rendements des cultures

L'étude a montré qu'il y avait une variabilité des prix de vente du semoir super éco sur l'ensemble des trois régions du Sud du Bassin Arachidier. Le plus souvent ces types de semoir sont fabriqués sans le respect de norme standard de qualité. En effet, selon Fall (1985) cité par Diop (2011) que la plupart des produits artisanaux sont fabriqués avec des matériaux de récupération qui sont souvent de qualité moindre comparée aux produits industriels. Certes, les produits artisanaux ont l'avantage d'être disponibles sur les marchés locaux et beaucoup moins chers. Cependant, les forgerons éprouvent d'énormes difficultés à s'approvisionner en matières premières de bonne qualité ou en outils de travail performants.

Ils utilisent en général des matériaux de récupération au niveau des ferrailleurs ou des mécaniciens comme les lames de camion (Fall et Ndiame, 1988).

Ces semoirs sont conçus à la va vite afin de répondre aux sollicitations des demandeurs (vendeurs de pièces détachées et producteurs). Après très peu de temps d'utilisation de nombreux problèmes surviennent comme par exemple l'usure de l'ergot, blocage du disque semeur, cassure des graines, cassure des mancherons, cassure du cadre, distribution hétérogène des graines, densité de semis irrégulière (voir poquet manquant) et enfin un gaspillage de semences etc...

Tout ceci constitue un sérieux problème d'ordre agronomique ayant une conséquence directe sur la baisse des rendements des cultures et par ricochet sur la baisse des revenus du producteur.

Ceci constitue un sérieux problème à résoudre d'autant plus qu'il n'y a aucune réglementation qui interdit aux artisans de ne pas fabriquer des matériels agricoles de basses qualités. C'est dans ce sens que l'Etat doit accentuer sa politique à court terme sur le ravitaillement à grande échelle des kits de matériels agricoles afin de permettre à l'ensemble des producteurs de disposer de matériels agricoles leur permettant d'être autonomes et de ne pas avoir de retard dans l'exécution du calendrier cultural, sur le renforcement de capacité des artisans à pouvoir fabriquer le matériel de bonne qualité. Il s'agira dans le long terme d'outiller l'ISRA afin qu'il puisse valider les technologies importées ou conçues localement par les artisans à introduire sur le terrain et à assurer la formation et la professionnalisation de nos artisans afin qu'il puisse répondre aux critères de normes standards. Ce qui permettra aux artisans locaux de pouvoir concurrencer aux marchés de matériels agricoles à l'échelle nationale, de la sous-région et même internationale. Il faut qu'on arrive à développer nos propres matériels agricoles en dotant plus de moyens (financiers, logistiques et techniques etc...) car on ne peut pas toujours dépendre des importations.

#### 4.4.4. Rôles des décideurs dans les prises de décision dans le domaine du machinisme agricole

La valorisation du potentiel de la mécanisation agricole au Sénégal passe nécessairement par un cadre de concertation afin d'harmoniser les décisions qui seront prises dans les politiques de mécanisation agricole du pays.

Ce cadre de concertation composé par les experts du machinisme et des différents acteurs intervenants dans ce domaine doit prendre les décisions sur le type de matériels agricoles qui entrent dans le pays en ficelant des cahiers de charge qui doivent répondre aux conditions socio-économiques et agro-climato-pédologiques du pays. Il doit

simuler tous les mécanismes permettant de promouvoir l'entrepreneuriat local en dotant plus de moyens aux artisans locaux. Il doit aussi donner ou accorder plus de rôle à la recherche (ISRA) dans la tropicalisation des machines importées en faisant tous les tests d'adaptation locale avant leur distribution aux producteurs.

Pour ce faire, l'ISRA doit se doter des moyens nécessaires à la bonne réussite de l'adaptation locale de machines agricoles importées ou s'il n'a pas ces moyens il peut collaborer avec la SISMAR qui dispose de ressources humaines (ingénieurs et techniciens de technologie), d'infrastructure et de toute la logistique permettant non seulement de faire les tests de modification mais aussi de pouvoir même avec quelques formations supplémentaires pointues à son personnel technique sur la conception d'équipement sophistiqué leur permettant d'assurer la fabrication entière de certaines machines et de leurs pièces de rechanges.

#### 4.5. CONCLUSION

L'étude nous révèle qu'il y a une réelle volonté de l'Etat du Sénégal de moderniser l'agriculture sénégalaise à travers la mise en place de la Direction de la Modernisation de l'Équipement Rural (DMER) qui doit mener des mécanismes et des stratégies pour que le pays soit souverain en aliment. Grâce aux nombreux matériels agricoles misent à la main des producteurs alors ces derniers pourront étendre les superficies emblavées afin de produire plus pour consommer, pour vendre et pour sécuriser.

La création d'un semoir local à partir du Super Éco plus simple et moins coûteux inspiré du semoir brésilien de semis direct sous couvert végétal permanent (**Fitarelli**) peut être un des moyens pour favoriser l'introduction de l'agriculture de conservation en particulier le semis direct sous couvert végétal auprès des exploitations agricoles.

Ainsi, avec l'expertise et le savoir-faire local de nos équipementiers (la SISMAR et les artisans), le semoir de semis direct sous couvert végétal version du semoir Super Éco peut être fabriqué localement sans introduction d'une technologie étrangère.

La SISMAR très outillé a une grande expérience dans la fabrication du semoir Super Éco.

La professionnalisation de notre machinisme agricole permettra de produire notre propre matériel agricole adapté à notre contexte. Ce qui réduira les énormes dépenses faites par l'Etat pour l'achat de matériels agricoles et de leurs pièces de rechanges à l'étranger.

Le soutien de l'Etat aux équipements bien équipés et organisés spécialisés dans les innovations et les adaptations de machines agricoles leur permettra de produire du

matériel local standardisé afin de résoudre les problèmes de mécanisation agricole dans le pays et aussi de pouvoir suivre les évolutions de machine dans ce domaine.

Aujourd'hui avec l'émergence des établissements de formation professionnel et technique (lycées techniques, le Centre d'Entrepreneuriat et de Développement Technique (CEDT) le G15 Sénégal/Inde et l'école Sénégal-Japon etc...) où une ressource humaine qualifiée et bien formée participera au relèvement du plateau technique au niveau national et résorbera le gap de ressource humaine dans le domaine de la mécanisation agricole dans le pays.

## **5. ARTICLE 2. LE SEMIS DIRECT SOUS COUVERT VEGETAL EST-IL REALISABLE DANS LE SUD DU BASSIN ARACHIDIER AU SENEGAL ?**

### RESUME

Cette étude se propose de caractériser la diversité des exploitations agricoles sur les difficultés et les possibilités de mise en œuvre du système de semis direct sur couverture végétale dans le Sud du Bassin Arachidier (Sénégal). Les enquêtes ont été effectuées auprès de 108 producteurs du Sud du bassin arachidier zone potentiellement érosive où des aménagements anti-érosifs et la traction animale sont pratiqués. L'analyse en composante principale a été réalisée à l'aide de cinq variables discriminantes (terre en propriété, superficie en jachère, nombre de semoirs super éco, nombre de paires de bœufs et superficie emblavée pour l'arachide). Ces variables expliquent 3/4 de la diversité des exploitations agricoles (EA). Une classification ascendante hiérarchique sur les résultats de l'ACP a permis de distinguer quatre classes d'EA. La classe 1 (68% des EA) se compose des EA qui ont le niveau d'efficacité et de disponibilité de moyens de production le plus faible. La classe 2 (2% des EA) ont plus de 20 ha de terre en propriété, ne cultivent pas le maïs et ont une faible disponibilité des moyens de production. La classe 3 (29% des EA) se compose des EA qui ont une meilleure disponibilité des moyens de productions. La classe 4 (2% des EA) se compose des grandes EA du Sud du Bassin de l'Arachide. Pour l'ensemble des EA, la dégradation des sols s'accroît avec les pratiques des chefs d'exploitation (déforestation, brûlage des résidus, exportation systématique des résidus de récolte, récolte mécanisée de l'arachide) qui constituent des contraintes fortes à la réalisation du semis direct sous couvert végétal. L'étude montre que certaines pratiques des EA (utilisation du semoir Super Éco, disponibilité des animaux de trait) sont favorables à l'utilisation du semoir de semis direct sous couverture végétale. Cette étude préliminaire permet d'identifier les producteurs ouverts et disposant de moyens (terres, revenus, etc...) (ceux des classes 3 et 4). Enfin de convaincre sur les avantages du semis direct comparé à l'agriculture conventionnelle, des essais de démonstration en milieu paysan vont se faire où un ou des producteurs leaders très intéressés par le semis direct sous couvert végétal seront choisis pour démarrer avec eux et les autres après vont suivre.

**Mots-clés** : exploitation agricole, facteurs de productions, pratique culturelle, typologie

## **IS POSSIBLE TO ESTABLISH NO-TILLAGE SYSTEM IN THE SOUTH PEANUT BASIN OF SENEGAL ?**

### **ABSTRACT**

This study aims to characterize the diversity of agricultural farms based on the difficulties and the potentials of establishing the no-tillage system in the South peanut Basin (Senegal). Surveys were carried out with 108 producers in the areas of the south peanut basin potentially erosive and practicing methods of soil conservation and draught animal. Principal Component Analysis (PCA) was carried out using 5 discriminant variables of farmer's classification including land ownership, fallow land, number of seeder drill super éco, number of cow pair and area cultivated for peanut.

PCA has explained 3/4 of the diversity of agricultural farm (AF) and by doing a hierarchical ascending classification, we distinguished four classes of AF. According to the results of the PCA, class 1 represents the lowest level of efficiency and facility of farming but high population which is 68% of AF. Class 2 (2% of AF) have more than 20 ha of land owned, do not grow corn and have low availability of means of production.

On the other hand, class 3 illustrates the prospective scenario which presents better farming facility and covered 29% of AF. But big farmers of south peanut basin only cover 2% of AF which shown in class 4. The results of this study show similar results with previous work which are the accentuation of soil degradation due to the practices of the majority of the farmers of the South peanut Basin (deforestation, burning of residues, systematic export of crop residues, Mechanized harvesting of peanut) which constitute strong constraints to the establishment of no-tillage system. In fine, this study found that using of the seeder drill super éco among the farmers, the availability of draught animals and the practice of crop rotation are favorable to the establishment of no-tillage system for farmers in the south peanut basin. This preliminary study makes it possible to identify the farmers who are open and who have the means (land, income.) that are able to accompany the promotion of no-tillage system, in particular farmers which are in class 3 and 4.

**Keywords :** cultural practices, farming, production factors, typology

## 5.1. INTRODUCTION

Au Sénégal, depuis plus de cinquante ans, l'analyse de la diversité des exploitations agricoles s'est faite sur les données de structures, les pratiques et les performances des exploitations agricoles, dans le cadre des Unités Expérimentales (Cattin et Faye, 1982 cité par Diop, 2006), et de nombreux programmes et projets de recherche et de recherche développement (Orsini *et al.*, 1985 ; Sarr *et al.*, 1987 ; Kanouté, 2003, Havard *et al.*, 2004 ; Sow, 2005 ; Ndiaye, 2006 ; Mané 2008 ; Prêcheur, 2012 ; Sarr, 2013 ; Diakhaté, 2013).

Dans le Sud du Bassin Arachidier, beaucoup d'organismes et de projets (Natural Resources-Based Agricultural Research Project (NRBAR)/ Institut Sénégalais de Recherches Agronomiques (ISRA)/ Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD), Confédération Internationale d'Organisations Catholiques à but lucratif (CARITAS), Projet de Renforcement des Capacités pour le Contrôle de la Dégradation des Terres et la Promotion de leur Valorisation dans les Zones de Sols Dégradés/Agence Japonaise de Coopération Internationale (CODEVAL/JICA) et Cadre National d'Investissement Stratégique pour la Gestion Durable des Terres (CNIS/GDT) ont proposé et testé des solutions de lutte aux problèmes d'érosion hydrique et de baisse de fertilité des sols : mesures mécaniques (ouvrages de retenue) couplées avec des mesures biologiques (Régénération Naturelle Assistée (RNA), reboisement, mise en défens), mesures physiques (paillages ou mulching), mesures agronomiques (amendements, rotation culturale) et mesures de gestion (jachère).

Les études menées sur la défense et la restauration des sols montrent qu'avec la réduction du temps de jachère et l'insuffisance voire l'absence de fertilisation des terres, les sols s'appauvrissent et sont très vulnérables à l'érosion avec la destruction du couvert végétal (Badiane *et al.*, 2000 cité par le Centre de Suivi Écologique (CSE), 2007 ; Cattin, 1986 ; Sène *et al.*, 1990 ; Bayala *et al.*, 2009). Le travail du sol en sec en traction animale à l'aide d'un décompacteur (coudre droit fixé sur un étau monté sur un bâti ariana ou une houe sine) n'a pas été diffusé bien qu'il permet d'améliorer l'infiltration des eaux des premières pluies, limitant ainsi le ruissellement et renforçant l'alimentation hydrique des cultures en début de cycle (Sène *et al.*, 1991 ; Sène *et al.*, 1992 ; Sow, 1995).

Les herbacées utilisées comme des défens anti-érosifs (voir les ados à courbes de niveau (ACN)) améliorent le stock et augmentent le niveau de séquestration du

carbone dans le sol (Bayala *et al.*, 2009) ce qui contribue à l'augmentation de la biomasse et le rendement des cultures. Ces herbacées peuvent être valorisées comme source de paillage.

Les techniques de l'agriculture de conservation comme le « Conservation Farming (CF) » avec le projet United States Agency for International Development/ Cooperative League of the USA (USAID/Clusa) et le semis direct sont expérimentées à l'heure actuelle dans le Sud du Bassin Arachidier. Le CF est un système de production basé sur la conservation des sols, et voire l'amélioration de leur potentiel productif naturel (fertilité), en vue d'obtenir des rendements optimums et réguliers. La technique CF est une méthode de préparation du sol à sec avec l'utilisation d'un semoir épandeur de fumier à traction animale. Elle permet d'ouvrir des sillons de 15 cm de profondeur et d'une largeur de 2 cm au fond du sillon. Les écartements entre sillons varient de 60 à 100 cm selon les cultures afin d'éviter le brûlage du pied de plante en contact direct avec le fumier. Les sillons ainsi ouverts sont remplis de fumier et recouverts de terre. C'est une technique qui a pour objectif fondamental la protection de l'environnement tout en garantissant la maximisation de la production agricole. En effet, les sillons ouverts empêchent le ruissellement et protègent le sol contre l'érosion hydrique.

La technique du semis direct sous couvert végétal permanent (SDCVP) expérimentée et testée au Maroc à Zear, zone caractérisée par une réduction du taux de la matière organique et une faible résistance à l'érosion, (West, 2002 ; Moussadek, 2011b cité par Laghrour *et al.*, 2015) a montré que le semis direct favorise l'accumulation de la matière organique (MO) en surface du sol (0-10 cm) contrairement au système conventionnel basé sur le labour intensif et qu'il améliore la stabilité structurale et la densité apparente du sol. Les sols labourés sont plus exposés à la dégradation par l'érosion que les sols sous SDCVP.

Au Sud du Bassin Arachidier au Sénégal, le début d'hivernage coïncidant avec la mise à nu des sols due au ramassage des résidus de culture, puis au nettoyage des parcelles avant semis avant d'utiliser le semoir et l'« effet splash » qui décape les sols (CSE, 2007 et Bayala *et al.*, 2009). Les grandes exploitations agricoles de semis direct en Grande Bretagne et aux États-Unis d'Amérique (Dijkstra, 2002 ; Scopel *et al.*, 2004) disposant de ressources suffisantes (disponibilité de glyphosate pour lutter contre les adventices et de semoirs de semis direct) avaient réussi à adopter le semis direct. Mais force est de constater que toutes ces mesures n'ont pas encore inversé la tendance de la dégradation et de la baisse de fertilité des sols dans le bassin arachidier au Sénégal.

Cet article vise à identifier les difficultés et les possibilités pour la réalisation dans les exploitations agricoles du Sud du Bassin Arachidier, du semis direct sur

couverture végétale, mode d'installation des cultures ne faisant pas appel aux travaux de retournement et de préparation superficielle du sol (Centre de Développement Sous-Régional pour l'Afrique du Nord (CDSR), 2001 ; Groupement Semis Direct de Madagascar (GSDM) et CIRAD, 2006).

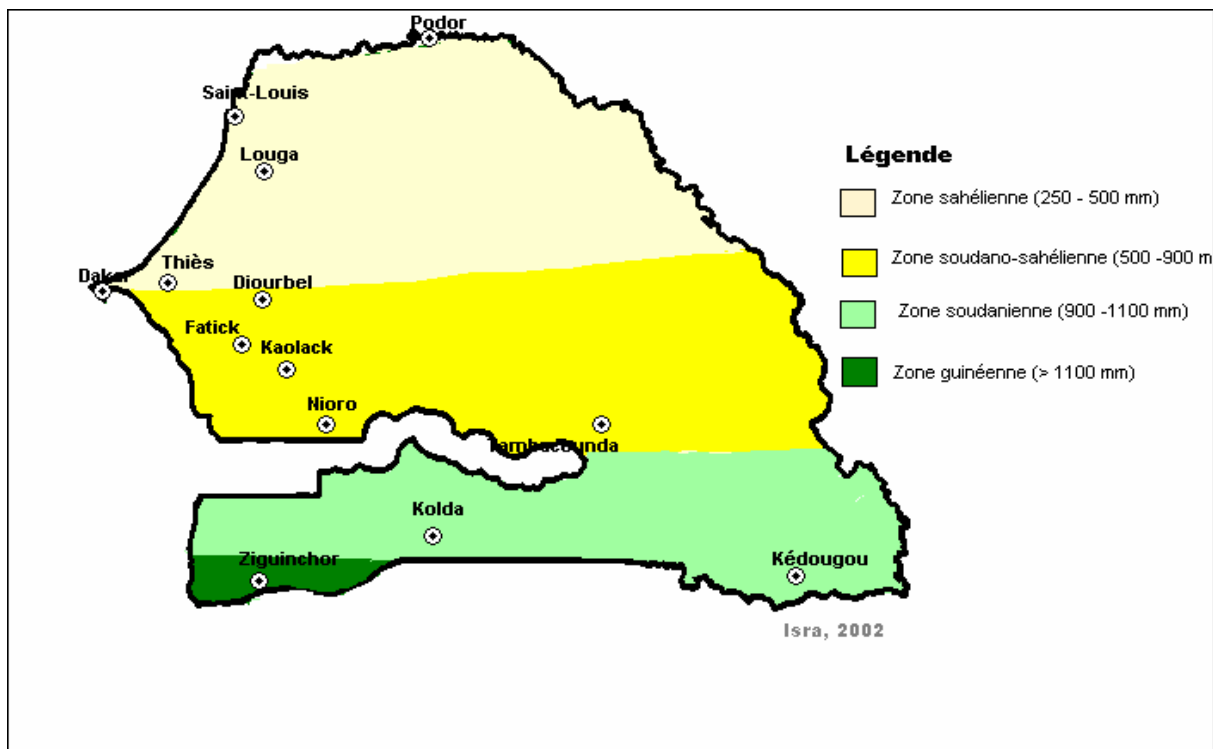
## 5.2. MATERIELS ET METHODES

Le Sud du Bassin Arachidier, zone de diffusion de la traction animale et de dégradation des sols (Havard, 1993), est scindé en trois régions administratives (Fatick, Kaffrine et Kaolack) (Prêcheur, 2012). Les actions de formation sur la traction animale et celles de défense et restauration des sols ont été nombreuses dans ces régions à l'initiative des structures d'encadrement comme la Société de Développement et de Vulgarisation Agricole (SODEVA), la CARITAS et les organisations non gouvernementales (ONGs). La pression foncière y est forte (23.945 km<sup>2</sup> pour une population de 1.314.000 habitants avec des densités dépassant 60 habitants au km<sup>2</sup>), les érosions éolienne et hydrique sont importantes (Séne *et al.*, 1990), la fertilité des terres est faible, la pluviométrie annuelle enregistrée entre juin et octobre (entre 500 et 900 mm) est en baisse (figure 45).

**Figure 45** – La pluviométrie au Sénégal (Cisse *et al.*, 2003)

**Figure 45** – Rainfall in Senegal (Cisse *et al.*, 2003)

**Figure 45** – Pluviometria no Senegal. (Fonte: Cisse *et al.*, 2003).



Les systèmes de culture sont essentiellement à base d'arachide, de mil et de maïs (Havard, 1993 ; Banabessey, 2011; Prêcheur, 2012). Les sols sont de types ferrugineux tropicaux lessivés ou sols beiges avec une texture sableuse et un lessivage de l'argile. On y trouve aussi des sols peu évolués d'origine non climatique gravillonnaire sur cuirasse latéritique et des sols ferrugineux tropicaux lessivés à tâches et concrétions ferrugineuses (terres neuves). Les sols du Sud du Bassin Arachidier sont très favorables à la traction animale légère (équine et asine) et à la culture de l'arachide (Fall, 1985 et Havard, 1987). Cependant, compte tenu de l'irrégularité et de la violence de certaines pluies, ces sols quand ils sont nus au début de la saison des pluies favorisent le ruissellement des eaux pluviales. Les outils à dents à traction animale comme le décompacteur permettant de travailler sur sol sec afin de favoriser l'infiltration des eaux des premières pluies ; mais ces équipements n'ont pas été diffusés (Pirrot et Paris, 1980 ; Sène *et al.*, 1990 ; Bordet *et al.*, 1988 ; Sow, 1995). La flore adventice rencontrée au niveau des champs de cultures vivrières est dominée par cinq grandes familles : les Poaceae, les Fabaceae ou Légumineuses, les Malvaceae, les Convolvulaceae et les Cyperaceae (Noba *et al.*, 2004 cité par Bassène *et al.*, 2012). Certaines de ces graminées comme *Pennisetum sp* « bara en wolof » peuvent substituer les plantes de couvertures allochtones (*Brachiaria ruziziensis* d'origine Africaine, *Brachiaria decumbens* d'origine Australienne et *Brachiaria brizantha* d'origine Afrique tropicale et du Sud) importées du Brésil ou d'autres pays.

Pour cette recherche exploratoire, des entretiens et interviews sur la défense et la restauration des sols, et l'utilisation des aménagements anti-érosifs, ont été réalisés auprès de personnes ressources (les Directeurs Régionaux du Développement Rural (DRDR) des trois régions du Sud du Bassin Arachidier, le Directeur de l'ONG SYMBIOSE, le Chef secteur des eaux et forêts du département de Nioro du Rip et le coordinateur du programme Gestion des Ressources Naturelles (GRN) du Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) de Bambey). Pour le choix des chefs d'exploitation à enquêter, l'échantillonnage par stratification a été retenu. Il est basé sur le découpage administratif des régions du Sénégal en 2013 relevant de l'acte 3 de la décentralisation (Sall, 2013). On prend aléatoirement l'unité d'observation (village/producteur) qui est statistiquement représentative de la population mère ou initiale pour la représentation spatiale. L'échantillonnage stratifié est utilisé « quand la population mère est très hétérogène et qu'on souhaite s'assurer que ses différentes composantes seront toutes représentées dans l'échantillon » (Dagnelie, 1998). « La stratification peut alors apporter un gain de précision important, par rapport à l'échantillonnage aléatoire, sans modifier le nombre total d'observations à réaliser » (Nyitahabimana, 2011).

Les critères de choix des villages retenus dans chaque région constituant un atout ou un intérêt pour l'adoption du semis direct sous couvert végétal ont été les niveaux d'équipement en traction animale, l'importance de l'érosion et les types d'aménagement anti-érosifs existants, le niveau de fertilité des sols et la pratique de l'agriculture de conservation. Dans chaque village retenu, on choisit trois (03) chefs d'exploitation soit au total 108 chefs d'exploitations dans la zone d'étude (annexe 5).

L'outil de collecte de données, un questionnaire individuel adressé soit au chef d'exploitation ou son représentant, porte sur l'identification de l'enquêté, le calendrier agricole (dates de préparation des sols, de semis, d'entretien des cultures, d'épandage et de traitement phytosanitaire et de récolte), la superficie emblavée par spéculation, la superficie mise en jachère, la gestion des animaux de trait, l'érosion et les aménagements anti-érosifs, la fertilité des sols et la connaissance du semis direct sur couverture végétale. L'enquête a été réalisée d'avril à juin 2015 sur les données de la campagne agricole 2014-2015.

La typologie est un outil qui permet de représenter la diversité des objets d'étude (ici les chefs d'exploitation) selon certains critères. En effet, tous les chefs d'exploitation d'une même région ne disposent pas des mêmes moyens et ne produisent pas nécessairement dans les mêmes conditions économiques et sociales. Il importe donc de mettre en œuvre des interventions appropriées en fonction des moyens, des conditions et des intérêts

de chaque catégorie d'exploitant identifiée (Brasseur, 1975 cité par Tria et Chehat, 2013). La réalisation d'une typologie est largement tributaire des variables choisies. Quatre méthodes distinctes sont identifiées pour construire une typologie : i) qualitative ou fonctionnelle, ii) quantitative ou structurelle, iii) à dire d'expert basée sur l'implication des agents du développement et iv) à dire d'acteurs basée sur la vision que les chefs d'exploitation ont de leurs exploitations (Gafsi *et al.*, 2007). Une typologie de structure des exploitations agricoles est axée sur les moyens de production comme le capital, la terre et le travail (Gafsi *et al.*, 2007). Au Sénégal, les typologies structurelles ont surtout été réalisées à l'aide des analyses multivariées (Dione *et al.*, 2008 ; Sarr 2013 ; Diakhaté 2013), retenues aussi dans cette étude.

### 5.3. RESULTATS

#### 5.3.1. Choix de variables quantitatives pertinentes retenues pour la typologie des exploitations

Sous Excel 2013, une corrélation matricielle a été effectuée (tableau 2). Elle a permis de retenir cinq critères présentant un poids significatif dans l'analyse des corrélations des 13 variables quantitatives issues de la base de données de l'enquête : nombre de semoirs super éco (NSSE), nombre de paires de bœufs (NPB), terre en propriété (TP) et terre en jachère (TJ). La variable superficie emblavée en arachide (SEA) étant très positivement corrélée aux autres variables quantitatives telles que la superficie en maïs ( $r=0,52$ ), la superficie en mil ( $r=0,63$ ), la production en mil ( $r=0,55$ ), la production en arachide ( $r=0,65$ ) et la production en maïs ( $r=0,53$ ) a été retenue dans l'ACP (tableau 3).

**Tableau 3** – Matrice de corrélation entre les variables sélectionnées en fonction des caractéristiques de fonctionnement de l'exploitation agricole

**Table 3** – Matrix of correlation between the selected variables according to the operating characteristics of the farm

**Tabela 3** – Matriz de correlação entre as variáveis selecionadas de acordo com o funcionamento da atividade agrícola.

	<i>NAE</i>	<i>NSSE</i>	<i>NPB</i>	<i>NCh</i>	<i>Nan</i>	<i>TJ</i>	<i>SEA</i>	<i>SEMa</i>	<i>SEMi</i>	<i>TP</i>	<i>Pmi</i>	<i>PA</i>	<i>Pma</i>
<i>NAE</i>	1												
<i>NSSE</i>	0,26	1											
<i>NPB</i>	0,15	0,50	1										
<i>NCh</i>	0,44	0,58	0,29	1									
<i>Nan</i>	-0,05	-0,05	0,06	-0,29	1								
<i>TJ</i>	0,14	0,29	0,10	0,16	-0,09	1							

SEA	0,36	0,63	0,50	0,50	0,03	0,44	1						
SEMa	0,27	0,36	0,53	0,23	-0,00	-0,04	0,52	1					
SEMi	0,36	0,55	0,37	0,51	0,07	0,07	0,63	0,38	1				
TP	-	0,13	0,04	0,02	0,04	-0,13	0,66	0,23	-0,05	0,04	1		
Pmi	0,38	0,61	0,39	0,49	0,16	0,06	0,55	0,38	0,75	0,01	1		
PA	0,66	0,53	0,37	0,57	-0,00	-0,08	0,65	0,43	0,69	-0,05	0,81	1	
Pma	0,34	0,31	0,48	0,21	0,02	-0,10	0,53	0,81	0,40	-0,10	0,49	0,66	1

Légende : NAE.= nombre actif de l'exploitation ; NSSE=nombre de semoir super éco ; NPB. Nombre de paires de bœuf ; Nch= nombre de chevaux ; Nan = nombre d'ânes ; Tj= terre en jachère ; SEA= superficie emblavée en arachide ; SEMa= superficie emblavée en maïs, SEMi= superficie emblavée en mil ; TP= terre en propriété ; Pmi = Production en mil ; PA= Production en arachide et Pma = Production en maïs

Après cette première étape de sélection et de réduction des variables quantitatives, le logiciel XLSTAT a été utilisé pour l'ACP et la CAH permettant de regrouper les différentes exploitations en quatre (04) classes selon les cinq critères retenus. Treize (13) variables quantitatives ont été retenues après plusieurs tests de corrélation sur l'ensemble des variables quantitatives du questionnaire. Celles retenues sont les plus pertinentes et reflètent mieux le mode de fonctionnement et de différenciation des exploitations agricoles du Sud du Bassin Arachidier par rapport au semis direct de couverture végétale permanente (tableau 3).

Les deux premières axes de l'ACP expliquant 77% de la variance ont été utilisés dans une classification ascendante hiérarchique (CAH), combinée avec Ward.

Quatre (04) classes de chefs d'exploitation agricole ont été identifiées et interprétées en comparant leurs valeurs moyennes (test de Kruskal-Wallis Dunn/Bonferroni à  $p = 0,05$ ) pour les variables quantitatives (tableau 4).

**Tableau 4** – Variables discriminantes choisies issues de la matrice de corrélation

**Table 4** – Selected discriminant variables from the correlation matrix

**Tabela 4** – Variáveis selecionadas da matriz de correlação.

Variables quantitatives choisies		Code
01	Nombre Semoirs Super éco	NSSE
02	Nombre Paires de Bœufs	NPB
03	Superficie Emblavée pour l'Arachide (ha)	SEA
04	Terre en propriété (ha)	TP
05	Terre en jachère (ha)	TJ

Les données des enquêtés ont été soumises aux outils d'analyse de la statistique descriptive par le calcul des moyennes et des écart-types. Dans le tableau de la matrice de corrélation, les variables corrélées très positivement (couleur verte ou proche du vert) ayant des valeurs supérieures ou égales à 0,30 n'ont pas été utilisées dans l'ACP car elles s'expliquent relativement bien l'une de l'autre. Seules les variables corrélées très négativement (couleur rouge ou proche du rouge), hautement significatives, expliquant plus la diversité existant entre les exploitations agricoles ont été retenues. On observe des corrélations intéressantes entre certaines variables retenues dans l'ACP comme celle qui lie la terre en propriété (TP) au nombre d'actifs de l'exploitation (NAE) ( $r=-0,13$ ), de celle qui lie la terre en propriété (TP) au nombre de semoirs super Eco (NSSE) ( $r= 0,04$ ), celle liant le nombre de paires de bœufs (NPB) au nombre d'actifs de l'exploitation (NAE) ( $r= 0,15$ ) et celle liant le nombre de semoirs super éco (NSSE) au nombre d'actifs de l'exploitation (NAE) ( $r=0.26$ ) (tableau 3).

### 5.3.2. Modes d'accès aux terres basés essentiellement sur l'héritage

Par le passé, les terres étaient obtenues par défrichement, ce qui donnait le droit de propriété aux membres de la communauté lignagère. Ainsi, la plupart des paysans-agriculteurs ont acquis leurs terres par héritage, ce qui ne les empêche pas de pouvoir louer ou prêter des terres à d'autres paysans qui en cherchent. Les chefs d'exploitation déclarent avoir des terres en propriété (22%), empruntées (26%), louées (16%), mises en location (11%), prêtées (11%), et en jachère (14%).

### 5.3.3. Systèmes de culture à base d'arachide et de céréales

Le système de culture est essentiellement basé sur l'arachide, le mil et le maïs, les autres cultures sont secondaires (sorgho, niébé, riz pluvial et sésame) (tableau 5).

**Tableau 5** – Évolution des superficies emblavées par exploitation et par spéculation dans les trois régions du Sud du Bassin Arachidier durant l'hivernage 2014/2015

**Table 5** – Evolution of cultivated areas by exploitation and speculation in the three southern regions of the South peanut Basin during the rainy season 2014/2015

**Tabela 5** – Distribuição das culturas na bacia sul de de amendoim nas chuvas de 2014/2015.

Spéculation	Régions			Ensemble
	Fatick	Kaolack	Kaffrine	
Superficie Moy/exploitation (ha)	7,45±2,56	8,81±4,44	11,56±5,94	9,27
Arachide	41%	43%	46%	43,3%
Maïs	8%	15%	11%	11,3%
Mil	43%	39%	37%	39,7%
Sorgho	0,19%	2%	3%	1,7%
Niébé	2%	0,32%	2%	1,4%
Autres cultures	5,81%	0,68%	1%	2,4%

#### 5.3.4. Des pratiques culturales qui favorisent la dégradation des sols

La récolte de l'arachide se fait mécaniquement en traction animale avec la souleveuse dans 75% des exploitations agricoles enquêtées. La souleveuse travaillant en profondeur réalise un travail du sol en laissant des traces d'outil de travail (sillons). Après le passage de la souleveuse, les paysans procèdent à l'enlèvement de l'arachide (gousses et fanes) mettant ainsi à nu le sol.

Les résidus de récolte mil et maïs sont aussi retirés des champs soit pour nourrir les animaux ou soit pour construire les habitations. Certains parmi eux, disent que les tiges de mil ou de maïs qui les gênent lors du nettoyage des champs à l'approche de l'hivernage et pour pouvoir effectuer une bonne utilisation du semoir super-éco (sans bourrage) sont brûlées et leurs cendres constituent un fertilisant.

Cette mise à nu des sols accentue l'érosion des sols, particulièrement lors des premières pluies.

#### 5.3.5. Très peu d'exploitations agricoles installent des aménagements anti-érosifs

Les techniques de lutte anti-érosive pratiquées par les chefs d'exploitation sont biologiques et mécaniques. Les techniques anti-érosives biologiques pratiquées par les chefs d'exploitation sont les fascines (7,4%), la RNA (3,7%), les pierres et tiges de résidus (1,9%) et les fascines plus du bois (1%). Les contrôles des Eaux et Forêts sur les coupes d'arbres (permis de coupe) sont un frein pour les chefs d'exploitation pour la confection de la fascine.

Les cordons pierreux (3,7%), le gabion (0,9%), les sacs de sable (1,8%) et les diguettes (1,8%) sont les techniques anti-érosives mécaniques les plus utilisées par les chefs d'exploitation. Elles sont réalisées par les projets intervenant dans la défense et la restauration des sols dégradées en collaboration avec les populations bénéficiaires. La préférence des chefs d'exploitation va aux techniques biologiques plus faciles à réaliser, à la portée de main des agriculteurs et ne demandant pas un investissement lourd.

#### 5.3.6. Les résidus de récolte sont brûlés au champ ou exportés

Les réponses obtenues auprès des 108 producteurs de l'échantillonnage sur le devenir des résidus de récolte ont été analysées séparément. C'est ce qui explique que le total des valeurs en pourcentage dans la figure 47 a dépassé les 100%. Ainsi, les mauvaises herbes et les résidus de récolte (arachide, mil et maïs) sont brûlés (90% des chefs

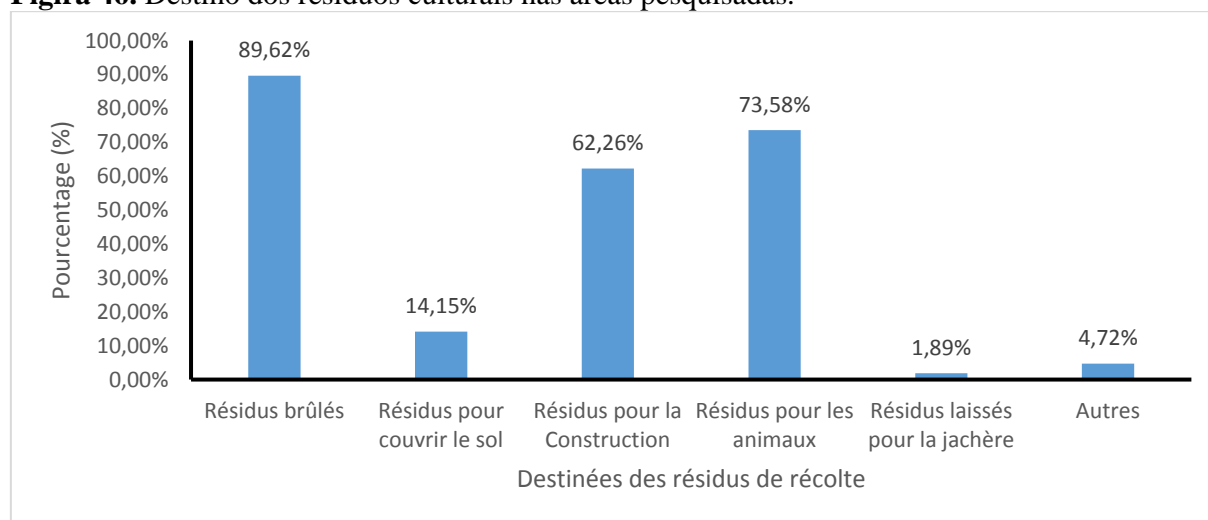
d'exploitation), utilisés dans la construction (62%) et dans l'alimentation du bétail (73%) (figure 46). Quelques rares chefs d'exploitation utilisent les résidus comme couverture du sol (14%). La jachère (2%) est presque inexistante. 60% des chefs d'exploitations agricoles de l'échantillon arrachent mécaniquement ou traitent chimiquement avec un herbicide total en post-levée ou sélectif en pré-levée les mauvaises herbes telles que *Anthostema senegalense* (Routh en wolof), *Commelina forskalaei* Vahl. (Wéréyane en wolof), *Eragrostis tremula* (Salgouf en wolof), *Mitracarpus scaber* (Ndâtukan en wolof), *Cyperus sp* (Thiocom en wolof).

La majorité des exploitants agricoles enquêtés ne pratique le brûlage que sur les tiges de mil et les branches d'arbres qu'ils ne peuvent pas transporter ou s'ils disposent de très grandes superficies (plus de 6 ha) ou qu'ils ne veulent pas jeter les mauvaises herbes dans les champs voisins. Certains parmi eux, des agro-pasteurs, préfèrent laisser les mauvaises herbes sur place au bénéfice de leurs troupeaux mais à l'approche de l'hivernage lors des activités de travail du sol (ratissage et grattage) ils rassemblent les débris et les souches en tas (« Sèbe » en wolof) ou en ligne qu'ils brûlent après. Ils déclarent que l'endroit où les débris sont brûlés est très riche car les cendres de ces débris constituent un fertilisant.

**Figure 46.** Destination des résidus de récolte dans les exploitations agricoles enquêtées

**Figure 46.** Destination of crop residues on the farms surveyed

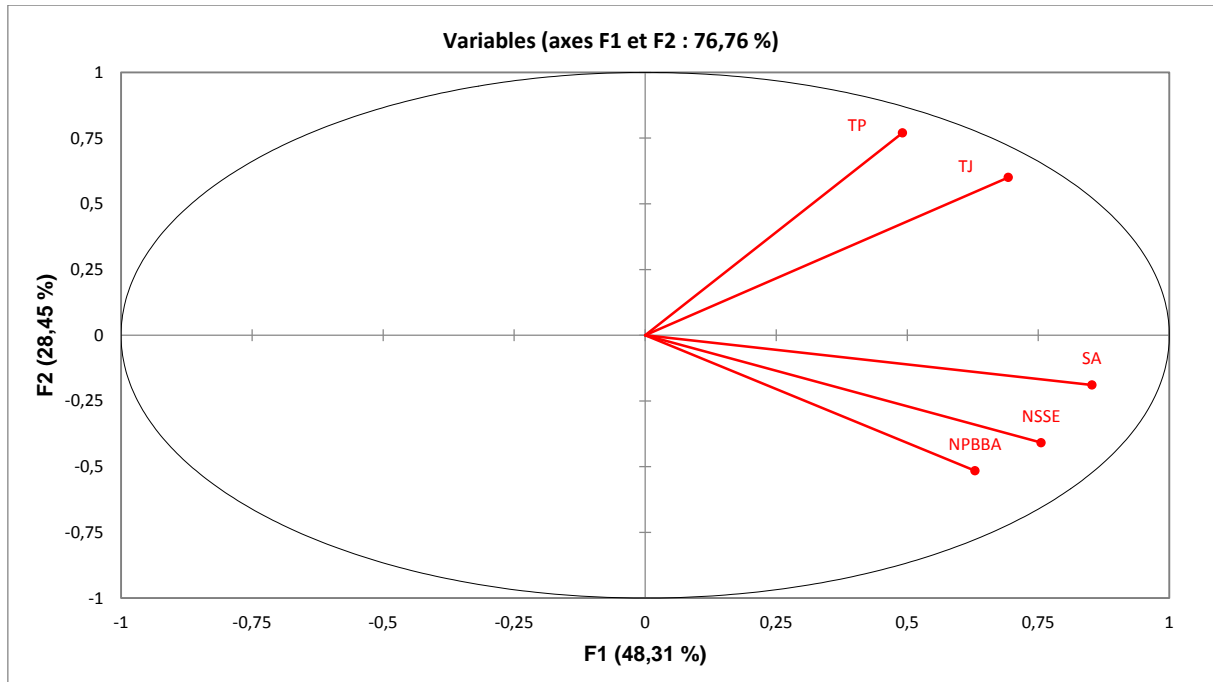
**Figira 46.** Destino dos resíduos culturais nas áreas pesquisadas.



### 5.3.7. Étude des variables quantitatives retenues sur le cercle des corrélations

La matrice des vecteurs propres de l'analyse de corrélation permet de représenter les variables sur le plan principal. L'examen du cercle des corrélations sur le plan principal montre que les variables (terre en propriété (TP) et terre en jachère (TJ)) sont situées dans la même direction et dans le même sens. La direction de ces deux variables est en opposition avec les variables (nombre de semoirs super éco (NSSE) et nombre de paires de bœufs (NPBBA) et superficie emblavée pour l'arachide (SA)) (figure 47).

**Figure 47.** Projection des variables de l'ACP dans le plan factoriel F1-F2  
**Figure 47.** Projection variables of PCA in the factorial plane F1-F2  
**Figura 47.** Projeção das variáveis de ACP nos planos fatoriais F1 e F2.



La somme des variances des variables centrées et réduites du jeu de données est égale à 5 (2,415+1,423+0,542+0,342+0,278) (tableau 5). Donc en faisant la somme des pertes d'inertie interne, on retrouve bien l'inertie totale qui est égale à 5. La variable F1 a la plus grande perte d'inertie interne lorsqu'on regroupe deux classes d'individus en une seule. Elle fournit une perte d'inertie interne de 2,415 qui est très importante. Cela veut dire que ce regroupement agrège des exploitations agricoles très différentes (Voir tableau 6).

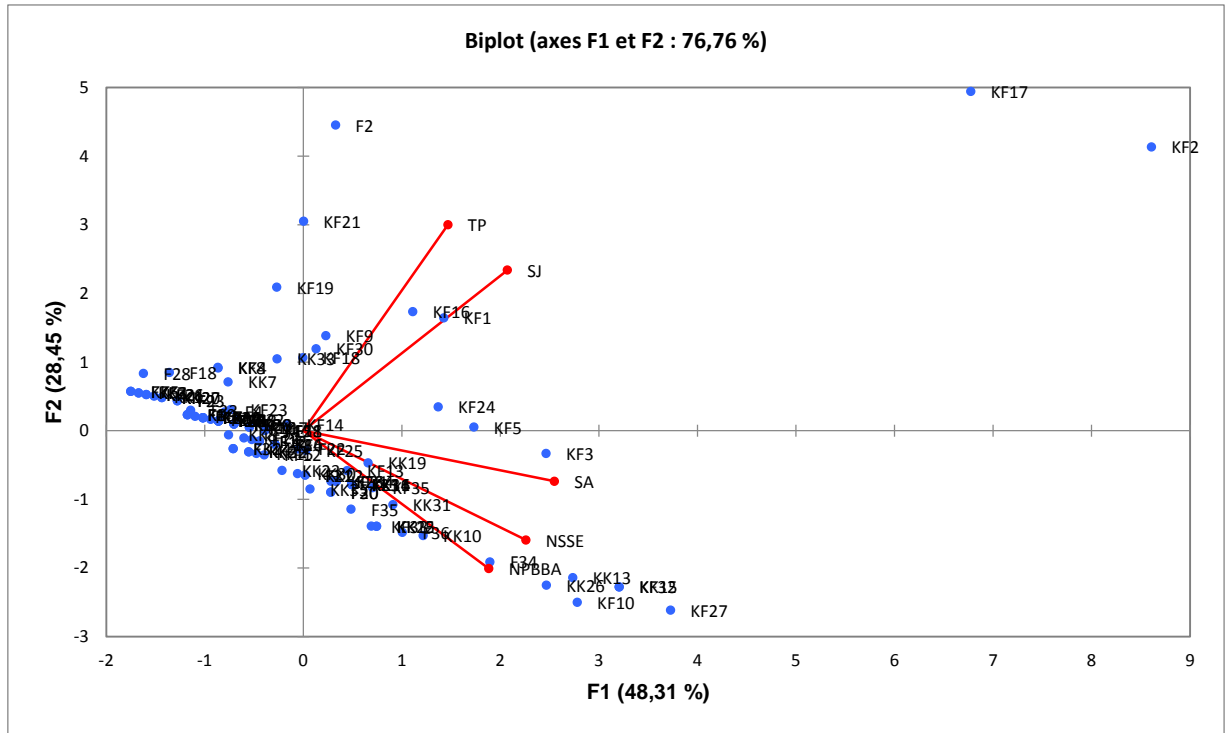
**Tableau 6.** Classification des variables selon leur valeur propre et cumulée  
**Table 6.** Classification of variables according to their own and cumulative value  
**Tabela 6.** Classificação das variáveis de acordo com seus valores acumulados.

	F1	F2	F3	F4	F5
<b>Valeur propre</b>	2,415	1,423	0,542	0,342	0,278
<b>Variabilité (%)</b>	48,307	28,452	10,836	6,844	5,560
<b>% cumulé</b>	48,307	76,759	87,596	94,440	100,000

Légende : F1 = NSSE, F2= NPB, F3=TP, F4=TJ, F5=SA

La combinaison des deux facteurs F1(NSSE) et F2 (NPB), a permis de faire une représentation des différences existant entre les exploitations agricoles enquêtées (figure 48).

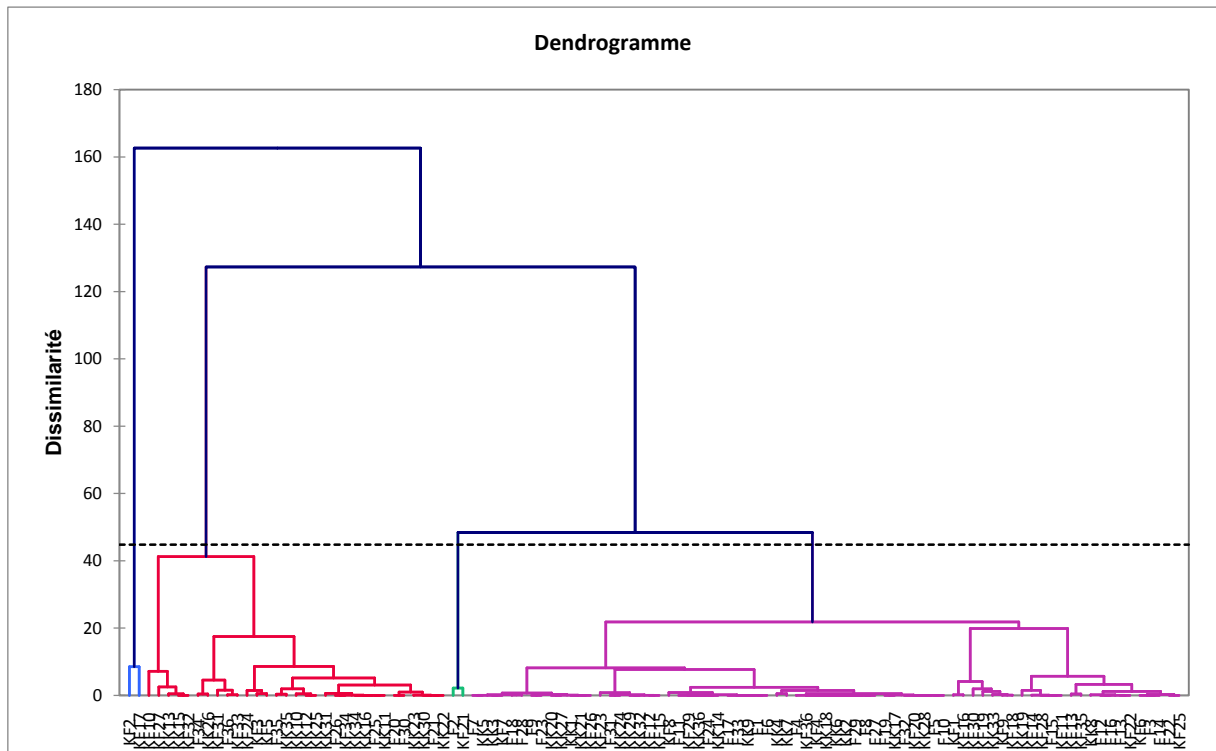
**Figure 48.** Projection des exploitations agricoles de l'échantillon sur les axes F1 et F2  
**Figure 48.** Projection of the farms of the sample on axes F1 and F2  
**Figura 48.** Projeção das áreas consultadas nos eixos F1 e F2.



### 5.3.8. Typologie des exploitations agricoles du Sud Bassin Arachidier

Nous avons appliqué la classification ascendante hiérarchique sur la matrice de dissimilarités agrégées obtenues à partir des cinq variables d'exploitation retenue. La figure 49 présente le dendrogramme obtenu en utilisant le critère d'agrégation de Ward et la distance euclidienne usuelle.

**Figure 49.** Dendrogramme de classification des exploitations agricoles de l'échantillon  
**Figure 49.** Dendrogram of classification of farms in the sample.  
**Figura 49.** Dendograma da classificação das áreas avaliadas.



La coupure à partir de la distance 124 en trois classes (classes 4 et 3 de la classe 1-2) donne une perte d'inertie interne de 2,415 soit un ratio de 48,3%. Cette dissociation correspond globalement au positionnement des exploitations agricoles sur le premier axe des configurations obtenues grâce aux méthodes factorielles présentées précédemment et elle permet une récupération de 48,3% de l'information qui est contenue dans le tableau de données (tableau 6) soit presque la totalité de l'information avec le premier axe de l'ACP. Ce découpage en trois groupes résume assez grossièrement les ressemblances entre les exploitations agricoles du tableau de données (tableau 6).

La coupure à partir de la distance 46 en quatre classes permet de ne pas perdre l'inertie perdue lors du passage de trois classes à quatre classes. Cette dissociation correspond globalement au positionnement des exploitations agricoles sur le deuxième axe des configurations obtenues grâce aux méthodes factorielles présentées précédemment et elle permet une récupération de l'inertie interne de 1,423 soit 28,46% de l'information. Donc avec une classification en quatre classes, on récupère 76,76% (48,3% + 28,46%) de la variabilité des données. En constituant quatre classes, on récupère 76,76% de la variabilité totale. Avec l'ACP des deux axes F1-F2, on récupère environ 76,76% de l'information.

### 5.3.9. Description des 4 classes d'exploitations agricoles retenues

Le tableau 7 donne les caractéristiques de chacune des quatre classes d'exploitations agricoles retenues.

**Tableau 7.** Moyennes des variables par exploitation pour chaque classe de producteurs enquêtés

**Table 7.** Average variables by exploitation for each class of producers surveyed

**Tabela 7.** Média das variáveis por área para cada classe de produtores avaliados.

Variables quantitatives retenues	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Nombre de chevaux (unité)	1,25	1,50	2,26	3,00
Nombre d'ânes (unité)	1,07	0,00	0,97	0,50
Nombre Semoir super éco (unité)	1,01	0,00	2,48	4,00
Terre propre (ha)	0,71	25,00	0,39	25,00
Terre en jachère (ha)	0,44	0,00	0,39	17,5
Superficie arachide (ha)	2,96	2,00	6,03	16,0
Superficie emblavée pour le maïs (ha)	0,62	0,75	2,02	1,50
Superficie emblavée pour le mil (ha)	3,02	3,00	4,95	5,50
Nombre d'actif de l'exploitation agricole	19,79	17,5	26,23	14,50
Rendement en arachide (kg/ha)	322,44	400,00	538,97	656,25
Rendement en maïs (kg/ha)	343,32	0,00	879,11	1100
Rendement en mil (kg/ha)	498,50	416,67	631,48	545,45

**La classe 1** (68% de l'échantillon) est composée de chefs d'exploitations agricoles possédant des équipements agricoles, et des bœufs de trait, 0,71 ha de terre en propriété et emblavent environ 3 ha d'arachide. 59% d'entre eux déclarent manquer de terre et 74% subissent la divagation des animaux du début à la fin de l'hivernage provenant des bergers locaux et de la transhumance. 47% des producteurs sont confrontés à l'érosion hydrique dans leur champ. Mais 56% de ceux des régions de Kaolack et de Kaffrine grâce aux actions des ONGs et des structures étatiques (ISRA, Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie (ANACIM), Eaux et Forêts, Agence Nationale de Conseil Agricole et Rural (ANCAR) etc...) utilisent diverses techniques antiérosives (sac à sable, diguette, cordons de pierres, gabions et RNA etc...) dans et en dehors de leurs champs. Ils n'ont aucune expérience du semis direct sous couvert végétal mais un parmi eux déclare pratiquer l'agriculture de conservation. Les chefs d'exploitation agricole de cette classe affichent un

grand intérêt à être formés sur le semis direct sous couverture végétale afin de pouvoir le comparer avec l'agriculture pratiquée actuellement au Sénégal. Les producteurs de cette classe sont prêts à accompagner le projet de semis direct sous couvert végétal.

**Dans la classe 2** (2% de l'échantillon), les chefs d'exploitations agricoles ont plus de terres en propriété que les classes 1 et 3. Ils n'ont aucun semoir et aucune paire de bœufs mais ils parviennent à emblaver en moyenne 2 ha d'arachide. Pour faire le semis, les chefs d'exploitation agricole de cette classe attèlent à leur cheval un semoir super éco qu'ils ont loué à raison de 20000 à 25000 FCFA en moyenne pour la campagne hivernale. Les pratiques de location de matériels agricoles sont généralisées pour le semoir, la houe sine et la souleuse arara. La moitié des producteurs de cette classe déclarent qu'ils manquent de terre et subissent la divagation des animaux du voisinage et des transhumants du début à la fin de l'hivernage. Un seul producteur de cette classe habitant la région de Kaffrine (communauté rurale de Malem Hodar à Sagna) déclare la présence d'érosion hydrique sur ses champs d'arachide (3 ha), de mil (2 ha) et de maïs (1,5 ha). Il utilise les sacs de sables pour limiter l'érosion. En dehors de son champ, un gabion a été installé pour lutter contre l'érosion hydrique dans la zone. Les exploitations de cette classe n'ont aucune expérience du semis direct sous couvert végétal.

**Dans la classe 3** (29% de l'échantillon), les chefs d'exploitations agricoles disposent de moins de terre en propriété que les deux premières classes, mais ils possèdent plus de semoirs et de paires de bœuf et de superficies emblavées pour la culture de l'arachide. Environ 90% des producteurs disent qu'ils manquent de terre et subissent la divagation des animaux du début à la fin de l'hivernage à cause des animaux du voisinage qui s'échappent, de l'inexpérience des jeunes bergers et surtout de la présence de la transhumance. Environ 55% d'entre eux déclarent la présence d'érosion hydrique au niveau de leur champ mais qu'ils utilisent les méthodes antiérosives sur lesquelles ils ont été formés (sac à sable, diguette, cordons de pierres, gabions, fascine, fumier d'ordures et RNA) par les ONGs et projets (Symbiose, CODEVAL/JICA, Projet d'Autopromotion et de Gestion des Ressources Naturelles (PAGERNA), Vision mondiale).

**La classe 4** (2% de l'échantillon), regroupe les grandes exploitations agricoles qui disposent de plus de semoirs, de paires de bœufs et de terre en propriété et de superficie emblavée en arachide que les autres classes. Les producteurs sont tous dans la région de Kaffrine. La moitié d'entre eux déclarent qu'ils manquent de terre et subissent la divagation des animaux de la transhumance à partir du mois d'octobre. Dans ce groupe, un seul producteur déclare avoir des connaissances sur la technique du compostage mais qu'il

n'utilise pas à cause de la difficulté de trouver de la matière organique et surtout l'eau durant la saison sèche. Ils n'ont aucune expérience du semis direct sous couvert végétal et ils aimeraient découvrir cette nouvelle technologie pour pouvoir avoir des récoltes suffisantes.

#### 5.4. DISCUSSION

Nos résultats sont en accord avec ceux des travaux de Badiane *et al.*, (2000), montrant que les résidus de récolte ne sont pas restitués au sol et les quantités apportées par les engrais ne permettent pas de compenser ni les exportations des cultures ni les pertes par lessivage et érosion. Le brûlage des résidus après nettoyage des champs, pratique très répandue se traduit par une grosse perte en carbone et un enrichissement relatif en potassium.

Nos résultats sont en accord avec ceux de Monnier (1976) et Havard (1986) montrant qu'au Sénégal que les formes de semis direct (à sec ou en humide) très répandue aujourd'hui particulièrement dans les zones où la pluviométrie est inférieure à 800 mm/an se font de manière manuelle ou mécanisé (semoir super éco) en saison sèche (avant les pluies) et en hivernage (début d'installation des pluies) sur sol sableux principalement et nu c'est-à-dire que le sol est préalablement nettoyé des résidus de culture. Le semis direct tel que pratiquait actuellement par la majorité des exploitations agricoles du Sud du Bassin Arachidier n'est pas compatible au semis direct sous couvert végétal.

Ces pratiques d'enlèvement systématique des résidus de récolte exercées par la majorité des chefs d'exploitation de l'échantillon consistant à mettre à nu le sol en début d'hivernage est incompatible avec le système de semis direct sous couvert végétal.

Dans le Sud du Bassin Arachidier, l'arachide occupe en moyenne 40% de l'assolement, le mil 39%, le maïs 8% et les autres cultures 13% (Mané, 2008). La majorité des chefs d'exploitation utilisent la souleveuse arara et les actifs de l'exploitation pour le ramassage systématique des gousses et des fanes d'arachide. Cette récolte mécanisée de l'arachide avec la souleveuse travaillant sur 8 à 10 cm de profondeur est incompatible avec le système de semis direct sous couvert végétal réalisé sur un sol non travaillé. Cette pratique fait qu'en début d'hivernage, le sol qui est complètement dénudé est assujetti aux agressions du climat combinées aux grosses gouttes des premières pluies entraînant le phénomène de l'« effet splash » accentuant l'érosion des sols. Toutes les exploitations agricoles enquêtées utilisent les chevaux et les ânes seuls dont les efforts de traction sont insuffisants pour tirer un semoir de semis direct de couverture végétale permanente.

Ce fort taux d'adoption de la traction animale s'explique par le fait que le Bassin Arachidier avait bénéficié plus de 80% des équipements agricoles distribués durant le programme agricole (PA) entre 1960 et 1980 (Havard et Mbengue, 1989). Le Bassin Arachidier, zone de prédilection de la culture arachidière, regorge de sols légers très favorables à la traction animale dite "légère" (équine et asine) (Fall, 1985). La généralisation du semis mécanique sur l'arachide, le mil, le maïs, le niébé et le sorgho constitue un atout favorable à la pratique du semis direct sous couvert végétal où il est impératif d'avoir des animaux capables de tirer le semoir de semis direct de couverture végétale permanente.

La majorité des chefs d'exploitation n'utilisent que très faiblement les méthodes anti-érosives. L'étude révèle que les exploitations agricoles de classe 1 et 3 sont plus concernées par l'érosion hydrique que les classes 2 et 4. Les producteurs de ces deux classes, accompagnés par les structures intervenant dans la défense et la restauration des sols, utilisent au niveau de leur champ des méthodes de lutte anti-érosive biologique (fascine et RNA).

Le semis direct sous couvert végétal peut être une solution aux problèmes de dégradation et de baisse de fertilité des sols des exploitations agricoles des classes 1 et 3 principalement. Le semis direct sous couvert végétal peut aussi facilement être combiné aux aménagements anti-érosifs en courbes de niveau pour limiter les phénomènes érosifs et restaurer la fertilité des sols.

D'ailleurs au Sénégal, les premières expérimentations de semis direct sur couverture végétale menées à Bambey (centre-nord) et à Séfa (zone sud) ont donné des résultats positifs de l'effet du paillage sur le bilan hydrique ainsi que sur la bonne germination des cultures mises en place mais cette technique n'a pas connu de succès escompté pour sa diffusion auprès du monde agricole à cause des difficultés du désherbage mécanique qui alourdisaient les charges d'exploitation (Nicou *et al.*, 1993).

Les résultats de ces premières expérimentations de semis direct sous couvert végétal qui ont été menées dans le passé au Sénégal sont très utiles dans la suite de notre projet dans la mesure où ils nous permettent de tirer les enseignements de leurs études afin de pouvoir lever ces limites.

Par ailleurs, selon Corbeels (2014), en Afrique de l'Ouest des pays comme le Mali et le Burkina Faso mènent des études d'insertion et d'adoption du semis direct au niveau des exploitations agricoles où des tentatives de modifications de semoir de semis direct ont été effectuées (Sissoko et Autfray, 2007) grâce au soutien de coopérant Français de Afdi Touraine.

A l'heure actuelle, les autres pays de la sous-région comme le Mali et le Burkina Faso sont en avance sur le Sénégal par rapport à l'adoption du semis direct sous couvert végétal. Ceci peut être un atout pour notre projet dans la mesure où des échanges d'expérience entre ces pays le nôtre peuvent se faire surtout dans les méthodologies d'approche utilisées pour l'insertion et l'adoption du système de semis direct sous couvert végétal au niveau des exploitations agricoles.

## 5.5. CONCLUSION

Cette étude caractérise la diversité des exploitations agricoles du Sud du Bassin Arachidier sur les difficultés et les potentialités de la mise en œuvre du système de semis direct de couverture végétale. Elle révèle les contraintes à la pratique du semis direct : l'accès au foncier, le travail du sol effectué lors de la récolte mécanique de l'arachide, le ramassage des pailles laissant les sols nus sans couvert végétal, la faible utilisation des dispositifs anti-érosifs par la majorité des exploitations agricoles. Elle révèle des facteurs favorables à la pratique du semis direct sous couvert végétal permanent, principalement, la généralisation du semis mécanique à traction animale sur arachide, mil et maïs, la présence de cinq grandes familles de graminées exploitables comme plantes de couverture, la prise de conscience de certains agriculteurs des dégâts causés par l'érosion, et de la baisse de fertilité des sols et enfin l'engagement de certains producteurs dans les programmes de défense et restauration des sols.

L'introduction du Semis Direct de Couverture Végétale Permanent (SDCVP) au sein des exploitations agricoles du Sud du Bassin Arachidier est un défi. Cette introduction doit chercher à ne pas bouleverser radicalement les pratiques et les habitudes des producteurs.

C'est pourquoi, l'adaptation du semoir Super Éco, connu des agriculteurs au semis direct sur couverture végétale apparaît comme une alternative intéressante à expérimenter en premier lieu avec des exploitations agricoles des classes 3 et 4 qui disposent de ressources nécessaires (semoir, paire de bœuf, terre en propriété) et affichant un grand intérêt à être formés sur le semis direct sous couvert végétal.

## **6. ARTICLE 3. EVALUATION DE LA CAPACITE TECHNIQUE DES ARTISANS POUR LA FABRICATION DU SEMOIR DE SEMIS DIRECT SOUS COUVERT VEGETAL VERSION SUPER ECO**

### **RESUME**

Cette étude essaie de mettre en exergue la capacité technique des artisans locaux pour la fabrication du semoir de semis direct de couverture végétale permanente version super éco au lieu d'importer les semoirs de semis direct provenant des pays développés. Dans un premier temps, la méthode « Expérimentation-modification » basée sur le cahier des charges de conception du semoir de semis direct version Super Éco a été appliquée à 90 chefs d'artisans répartis dans les trois régions du Sud du Bassin Arachidier. Puis en second temps, l'analyse en composantes principales (ACP) a été appliquée afin d'établir une classification des artisans. Les résultats obtenus montrent que la classe 3, super équipé, arrive à construire entièrement le semoir Super Éco. Elle est suivie de la classe 2 disposant d'un niveau d'équipement adéquat arrive à 89,8% à construire la boîte du semoir Super Éco. Et en dernière position, la classe 1 se caractérisant par un état de sous équipement se limite seulement à la construction de certaines parties du semoir Super Éco. Nos résultats ont montré que les classes 2 et 3 sont capables de réaliser entièrement le semoir de semis direct de couverture végétale permanente version Super Éco. Mais certains parmi eux se limitent seulement à la fabrication des pièces de rechanges du semoir qui peuvent les aider à promouvoir cette technologie au niveau des producteurs. Nos résultats ont montré que les dotations en équipements sophistiqués des ONGs et les formations délivrées par les structures intervenants dans la promotion de l'artisanat peuvent améliorer les performances des artisans. Cependant, des études devront se faire afin d'évaluer les performances techniques du semoir Super Éco développé par les artisans locaux afin de le rendre plus efficient.

**Mots-clés** : ateliers, matériel à traction animale, outillage, typologie

## **EVALUATE THE TECHNICAL CAPACITY OF THE ARTISANS FOR THE FABRICATION OF THE ANIMAL POWERED NO-TILL SEEDER VERSION SUPER ÉCO**

### **ABSTRACT**

This study focuses on the capability of local artisans to develop an animal powered no-till seeder version Super Éco, instead of imported animal powered no-till seeder from developed countries. Firstly; specifications and design of the animal powered no-till seeder version Super Éco has been given to 90 artisan's chief of the three regions of the South Peanut Basin. And secondly a Principal Component Analysis (PCA) to be done for making a classification of the artisans. The obtained results showed that the class 3 was super equipped and managed to build the animal powered no-till seeder. It is followed by the class 2 having a satisfactory level of equipment but it only able to be done 89.8% of the animal powered no-till seeder. Then lastly, due to poor-equipment facility, class 1 is limited only to the construct few parts of the animal powered no-till seeder « Super Éco ». Our results showed that classes 2 and 3 are succeeded completely to construct the animal powered no-till seeder « Super Éco ». But few artisans can able to make spare parts of the animal powered no-till seeder « Super Éco » which can help us to disseminate a sustainable seeding technology among the farmers. Studies showed that appropriate donation from NGOs and training from structures involved in the promotion of artisans can improve the performance of the artisans. Furthermore, we need to evaluate the performance of animal powered no-till seeder « Super Éco » which is developed by local artisans to make it more efficient.

**Keywords:** animal traction equipment, tools, typology, workshops

## 6.1. INTRODUCTION

Des outils de semis direct à traction animale sont importés du Brésil, de la France, du Bangladesh, de l'Inde, des USA et de la Chine vers des pays de l'Afrique comme le Kenya, le Maroc et le Mali (Afditouraine, 2015). Ces importations de machine sont réputées coûteuses, inaccessibles et inadaptées aux petites exploitations agricoles (Vadon *et al.*, 2011). En effet, des tests d'adaptation du semoir prototype d'AFDI et du semoir **Fitarelli** ont été effectués dans certains pays comme le Mali (Fert et Afditouraine, 2014), le Burkina (Bozza et Kourouma, 2004 ; Ashburner, 2004) et le Maroc (Fert et Afditouraine, 2014). Avec le prototype AFDI, les résultats n'étaient pas concluants : l'utilisation du semoir exigeait un sol plat exempt de reliquats de billons (Sissoko et Autfray, 2007). Des adaptations ont été faites pour alléger le semoir et faciliter sa fabrication locale par les forgerons (Afditouraine, 2015 ; TCS, 2006). Avec le semoir Fitarelli, il était nécessaire de faire des tests de densité de semis avec les semences des cultures pratiqués et de dose d'engrais avec les formulations vulgarisées permettant sa bonne utilisation dans les conditions locales (Vadon *et al.*, 2011). Des transformations ont déjà été effectuées par certains agriculteurs sur le semoir Fitarelli. Sa reproduction partielle avec importation des pièces délicates depuis le Brésil est envisagée auprès d'un atelier local de forgerons (Kéné Forge) au Mali. Un semoir a été mis à la disposition d'un forgeron de Nankorola au Mali pour voir s'il serait possible de le reproduire totalement avec des matériaux locaux (Sissoko et Autfray, 2007).

A partir d'un principe Cemagref-Irstea, Afdi Touraine (France) a conçu avec le concours de deux artisans tourangeaux (Liaigre et Savatier), un prototype de semoir permettant de semer directement dans un mulch ou un chaume bien adapté au semis par exemple du colza. Deux prototypes fonctionnent depuis cet automne au Maroc et en Tunisie tandis que d'autres modèles plus simples sont utilisés au sud Mali. Les semoirs Afdi Touraine qui existent en deux écartements pour cultures sarclées (maïs-tournesol) et pour les céréales, requièrent très peu de force motrice par rapport aux autres semoirs SDCVP (80 cv). De nouveaux modèles en 3 m destinés cette fois au marché européen sont prévus (Terre de Touraine, 2014). D'ailleurs, entre 2011 – 2013, une mission d'évaluation du bilan du projet Afdi Touraine au Mali région de Sikasso a été financée par l'Agence Française de Développement (AFD) (Terre de Touraine, 2014).

Mais le semoir Fitarelli, bien que opérationnel, n'a pas tout à fait répondu aux attentes des paysans sur le plan de sa maniabilité et à leur souhait de gagner plus de temps grâce à un semoir à deux rangs (Vadon *et al.*, 2011).

La réussite d'une innovation dépend de plusieurs facteurs endogènes et exogènes (le milieu physique, le contexte socio-économique et environnemental, etc...) (Diakhaté, 2009).

Cependant, il n'existe pas vraiment de petits semoirs, simples et performants adaptés au semis direct sous couvert végétal. C'est ce qui a motivé l'équipe d'afditouraine à rechercher d'outils et d'idées pour fabriquer ou faire fabriquer un semoir adapté sur place pour l'accompagnement des paysans du Mali (TCS, 2006). Des suggestions d'adaptation aux conditions locales ont été faites (Sissoko et Autfray, 2007) « Il conviendrait également dans une optique d'avoir des semoirs plus simples et moins coûteux, sans épandeur d'engrais qui alourdit le système, de transformer le semoir local pour un semis de coton, du mil et du sorgho, en s'inspirant du semoir Fitarelli : rajout d'un disque à l'avant pour trancher la végétation, d'un soc juste derrière pour ouvrir la raie de semis, transfert du réservoir de semences au milieu, confection de roues plus hautes ».

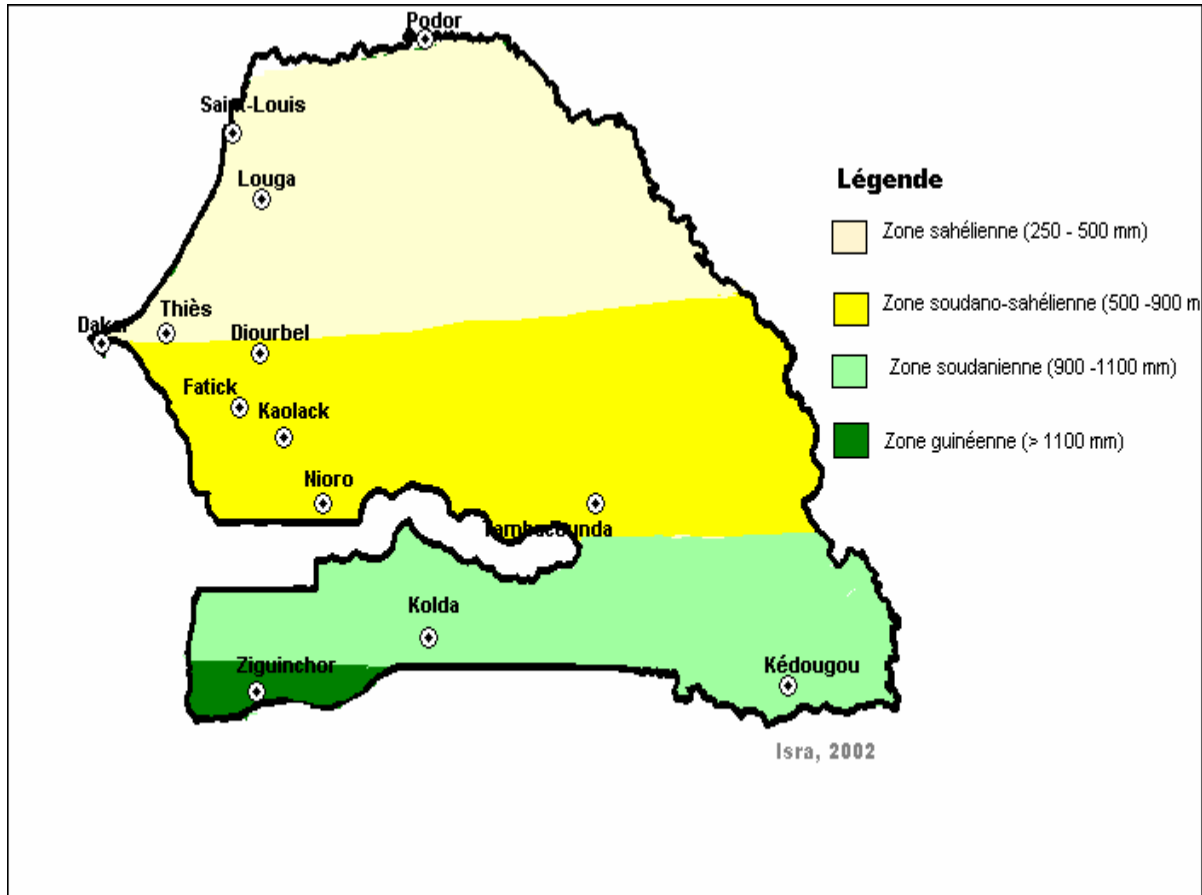
Depuis la suspension du Programme Agricole (PA) en 1979, les artisans-forgerons sont parvenus à assurer entièrement la réparation et la maintenance du matériel agricole (Fall, 1985 ; Havard, 1990 ; Gaye, 1991 ; Sow, 1995 et Diop, 2011). Ils fabriquent la majorité des outils de traction animale (charrue, sarcleurs, butteurs, multicultureurs, charrettes, etc...), mais ils peinent toujours à fabriquer le semoir super éco (Fall, 1985 et Sow, 1995 cité par Diop, 2011).

Notre étude vise à étudier les capacités des artisans du Sud du Bassin Arachidier pour modifier et adapter à moindre coût le semoir Super Éco au semis direct sous couvert végétal.

## 6.2. MATERIELS ET METHODES

Le Sud du Bassin Arachidier a été choisi car c'est la principale zone de diffusion de la traction animale et de dégradation des sols (Havard, 1993) où l'artisanat y est fortement développé (Sow, 1995). Il appartient au domaine nord-soudanien et correspond à l'ancienne région du Sine-Saloum (Fall et Lô, 2009) aujourd'hui scindée en trois régions administratives (région de Fatick, région de Kaffrine et région de Kaolack) (Prêcheur, 2012) (figure 50).

**Figure 50.** La pluviométrie au Sénégal (Cisse et al., 2003)  
**Figure 50.** Rainfall in Senegal (Cisse *et al.*, 2003)  
**Figura 50.** Pluviometria no Senegal (Cisse *et al.*, 2003).



Dans le Sud du Bassin Arachidier, de nombreux auteurs comme Havard (1990), Gaye (1991), Sow (1995), CMK<sup>40</sup> (2007) et plus récemment Sarr (2013) ont eu à faire des études de caractérisation des artisans portant sur les caractéristiques socio-démographiques, sur les conditions et les moyens de travail, sur les conditions d’approvisionnement de matières premières, sur les types et les fréquences des réparations, sur le niveau de formation et sur les types de machines agricoles fabriqués etc...

Selon Sarr (2013), parmi les artisans du Bassin Arachidier 28% affirment appartenir à une association ou un groupement d’intérêt économique (GIE) et 24% sont membres de la chambre de métiers. Ce regroupement leur permet d’être plus visibles, de partager leurs expériences dans le métier et d’avoir un interlocuteur direct auprès des autorités capable de défendre leurs intérêts (CMK, 2007).

<sup>40</sup> CMK : Chambre de métier de Kaolack

Les artisans du Sud du Bassin Arachidier bénéficient d'appui de la part des structures de développement intervenant dans la filière « Métal » comme l'ARD<sup>41</sup>, la Chambre des Métiers, le PROMER II<sup>42</sup>, le PROMACESS<sup>43</sup>, et le Centre BIT<sup>44</sup> de Kaffrine (CMK, 2007). Il s'agit en général d'appui technique, logistique et financier. Par exemple, le PROMER II accorde un capital de lancement pour aider les apprentis à se procurer les outils et le matériel nécessaires au démarrage de leur activité et il propose un don de contrepartie renouvelable grâce auquel les clients peuvent obtenir des prêts pour acheter des outils et du matériel, qu'ils rembourseront sur une période donnée (FIDA<sup>45</sup>, 2012).

L'élaboration du cahier des charges du premier prototype de semoir de semis direct sous couvert végétal version Super Éco a été menée de manière participative et concertée avec les artisans du Sud du Bassin Arachidier pris dans l'échantillonnage spécialisé dans la fabrication de matériel de traction animale selon la méthode « Expérimentation-modification » (Havard, 1998).

Cette phase de concertation avec les artisans a permis de préciser les caractéristiques du semoir de semis direct adapté sur le Super Éco. Pour ce faire, une maquette réalisée sur le semoir Super Éco monté avec un disque coupeur avant en condition de travail dans le semis direct de couverture permanent leur a été montré (figure 51).

---

<sup>41</sup> ARD : Agence régionale de développement

<sup>42</sup> PROMER II : Projet de promotion de l'entreprenariat rural, phase II

<sup>43</sup> PROMACESS : Promotion de la micro-entreprise artisanale au centre et au sud du Senegal

<sup>44</sup> BIT : Bureau International du Travail

<sup>45</sup> FIDA : Fonds international de développement agricole

**Figure 51.** Adaptation d'un coultre circulaire au semoir Super Éco travaillant dans les conditions de semis direct sous couverture végétale permanente (SDCVP)

**Figure 51:** Adaptation of circular coultter into the animal powered no-till seeder Super Éco working under cover crop

**Figura 51.** Adaptação do disco de corte na Super Éco.



Là, des questions fermées leur sont adressées du genre :

- 1) Pensez-vous que le semoir Super Éco peut travailler dans ces conditions de sol non nettoyé et non labouré ou de sol fortement enherbé ou sous couvert végétal (morte ou vivante) ?
- 2) Si oui, faites nous une proposition ?
- 3) Qu'est-ce qu'il faut supprimer ?
- 4) Qu'est-ce qu'il faut modifier ?
- 5) Qu'est-ce qu'il faut ajouter ?

Sur la base des informations recueillies, un cahier des charges a été élaboré et a concerné :

- la création d'un semoir local à partir du Super Éco plus simple et moins coûteux inspiré du semoir brésilien de semis direct (Fitarelli) ;
- le renforcement du bâti du semoir par un fer plat 30 x 10 au lieu du fer plat 30 x 8 qui est plus rigide et est capable de résister aux efforts de traction (horizontal, vertical et résultant) dus à l'étirement de la machine par de l'animal de trait en déplacement ;
- l'élimination des rasettes diminue l'effort de pénétration en profondeur du sol et réduit la puissance de traction tout en facilitant la souplesse de la machine ;

- la conception de deux roues plombeuses lestées avec de l'aluminium 5 montées à partir de l'extérieur du semoir jouant en même temps le rôle de rasettes ce qui permettra de fermer le sillon ouvert par le soc-semeur et de couvrir les graines distribuées ;
- le rehaussement du bâti afin d'éviter les obstacles (couverture vivante ou morte, débris etc...) ;
- l'agrandissement des roues motrices avec un fer plat 40 x 6 de diamètre 50 cm soit 10 cm de plus par rapport au Super Éco permet à la machine de travailler librement sans toucher le couvert et aussi de semer plus vite et de gagner du temps dans les travaux ;
- le renforcement du soc-semeur par une tôle forte plus rigide et capable de résister aux chocs et aux déformations avec une extrémité en forme de bec permettant d'attaquer et de pénétrer facilement le sol de couverture végétale ;
- l'ajout d'un disque coupeur crénelé en tôle 2 acier de diamètre 28 cm fixé à l'avant train du semoir grâce à une fourche en fer plat de 30 x 6 permettant de couper les débris et d'ouvrir le sillon facilitant le travail du soc-semeur venant dernière ;
- la conception de disques semeurs permettant d'obtenir les densités de graines recommandées avec l'utilisation de la nouvelle roue motrice.

Les enquêtes auprès d'artisans pouvant concevoir le semoir de SDCVP basé sur le cahier des charges ci-dessus ont été menées dans les trois régions du Sud du Bassin Arachidier (Kaolack, Kaffrine et Fatick). Pour ce faire, chaque service régional de développement agricole de ces trois régions a été associé : visite de courtoisie avec le Directeur Régional de Développement Rural (DRDR) de la région, entretien avec le Directeur de la chambre du métier où sont regroupés les artisans qui nous a remis une liste des artisans inscrits à la chambre des métiers, mais ceux-ci sont peu nombreux : Kaffrine (32), Fatick (13) et Kaolack (400). La liste de Kaolack était difficile à exploiter car elle contenait toutes les catégories d'artisans (bijoutier, électricien, mécanicien, horloger, menuisier métallique, coiffeur, menuisier bois, menuisier aluminium etc...). A partir des listes et des contacts des artisans, nous avons procédé à leur repérage en prenant seulement les artisans qui travaillent le matériel agricole de traction animale.

Pour mener à bien les enquêtes de terrain, au niveau de chaque région un circuit rapide permettant de mailler l'ensemble des artisans à enquêter a été adopté.

Les artisans répondant aux spécifications techniques du cahier des charges, spécialisés dans la fabrication du matériel de culture attelée et disposant du minimum

d'outillages pour la fabrication du semoir de semis direct sous couvert végétal version Super Éco ont été sélectionnés (tableau 8).

**Tableau 8.** Population totale d'artisans recensés et travaillant le matériel de culture attelé dans les trois régions du Sud du Bassin Arachidier

**Table 8.** Total population of artisans who are working with animal drawn agricultural machine in the three regions of the South Peanut Basin

**Tabela 8.** Total de mecânicos que trabalham com máquinas a Tração animal nas três regiões da Bacia Sul do Amendoim.

Régions	Population d'artisan
Kaolack	58
Kaffrine	50
Fatick	42
<b>Total</b>	<b>150</b>

L'échantillonnage par stratification a été utilisé afin de réduire la population totale à une taille beaucoup plus petite qui correspond à l'échantillon d'artisans retenus pour les enquêtes.

Pour Dagnelie (1998) on a recours à l'échantillonnage stratifié «.quand la population mère est très hétérogène et qu'on souhaite s'assurer que ses différentes composantes seront toutes représentées dans l'échantillon. La stratification peut alors apporter un gain de précision important, par rapport à l'échantillonnage aléatoire, sans modifier le nombre total d'observations à réaliser » (Nyirahabimana, 2011).

Dans cette population de 150 artisans, nous en avons retenu 90 (tableau 9) représentant le plus fidèlement possible la population mère des artisans ou statistiquement représentatifs.

**Tableau 9.** Méthode de calcul de l'échantillonnage des artisans retenus pour l'enquête

**Table 9.** Sample collection method for selected artisans

**Tabela 9.** Cálculo do tamanho amostral.

Régions	Rapport de proportionnalité	Echantillon retenu
Kaolack	$58/150 = 0,386 = 39 \%$	$90 \times 39\% = 35$
Kaffrine	$50/150 = 0,33 = 33 \%$	$90 \times 33\% = 30$
Fatick	$42 /150 = 0,28 = 28 \%$	$90 \times 28\% = 25$
<b>Total</b>		<b>90</b>

L'outil de collecte des données d'enquête est un questionnaire individuel sur les points suivants : identification du chef d'atelier (âge, sexe, niveau d'éducation), caractéristiques de l'atelier (type d'équipement, nombre d'équipement, mode d'acquisition de l'infrastructure), fonctionnement de l'atelier (nombre d'actifs, état du matériel, types de matériels fabriqués), nombre de matériels vendus annuellement et prix moyen de chaque matériel. Ce questionnaire a été administré à chacun des artisans de l'échantillon dans leurs ateliers ou à leurs domiciles de juin à juillet 2015.

La typologie est un outil d'analyse qui permet de saisir les diversités d'une population sur la base de variables ou critères retenus. Des typologies d'artisans du fer et de forgerons ont été réalisées : i) au Sénégal en Basse Casamance, à partir des activités réelles de la forge et sur la fréquence des pannes enregistrées sur les matériels de traction animale (Fall *et al.*, 1988), ii) au Cameroun dans les départements de la Bénoué et du Mayo Louti (province du Nord) (Kemtsop Tchinda, 1999 cité par Oumarou, 2006) en fonction de la gamme des produits de leur atelier en cinq catégories ou types groupés en deux parties : les artisans des zones rurales (forgerons traditionnels pour les outils manuels, forgeurs de pièces qui font en plus les pièces de rechange des matériels de traction animale, forgeurs d'outils qui fabriquent aussi des matériels agricoles de traction animale), et les artisans des villes ("menuisiers-soudeurs" dont la fabrication de matériels de traction animale se limite aux charrettes bovines et asines, les "artisans polyvalents" qui produisent en plus grande quantité (pièces de rechange, matériels de culture attelée et charrettes) et exerçant parfois le commerce du fer).

Notre étude vise à établir une typologie des artisans du Sud du Bassin Arachidier basée sur le minimum d'outillage permettant la fabrication du semoir de semis direct sous couvert végétal version Super Éco en utilisant les méthodes statistiques avec l'emploi de l'analyse en composante principale (ACP) et de la Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) et qui servira de modèle pour d'autres études similaires.

## 6.3. RESULTATS

### 6.3.1. Choix des variables quantitatives pertinentes pour la typologie des artisans

Les artisans répondant aux spécifications techniques du cahier des charges, spécialisés dans la fabrication du matériel de culture attelée et disposant du minimum d'outillages pour la fabrication du semoir de semis direct sous couvert végétal version Super Éco ont été sélectionnés dans cette étude.

Sous Excel 2013, une corrélation matricielle a été effectuée sur les sept variables quantitatives (tableau 10).

**Tableau 10.** Matrice de corrélation entre les variables initiales de l'ACP  
**Table 10.** Matrix of correlation between the initial variables of the PCA  
**Tabela 10.** Matriz de correlação entre as variáveis iniciais da ACP.

Variables	PSA	M	SMM	PC	ET	SF	E
PSA	1						
M	0,562	1					
SMM	0,338	0,276	1				
PC	0,381	0,414	0,403	1			
ET	0,422	0,309	0,313	0,395	1		
SF	0,295	0,255	0,162	0,155	0,382	1	
E	0,476	0,493	0,366	0,442	0,309	0,110	1

**Légende :** PSA = Nombre de postes soudure à l'arc ; M= Nombre de meules ; SMM= Nombre de scie à métaux manuelles ; PC= Nombre de perceuses/chignoles ; ET= Nombre d'enclumes/Tampon ; SF= Nombre de soufflets/Forge ; E= Nombre d'étau

Le minimum d'outils nécessaire à la fabrication du semoir de semis direct sous couvert végétal version Super Éco a été obtenu auprès des chefs d'atelier les plus expérimentés réalisant de gros bénéfices (bons chiffres d'affaire) dans la vente de semoir à bas prix que même le petit producteur peut acquérir. Les équipements nécessaires à la fabrication du semoir Super Éco sont constitués de poste soudure à l'arc, de meule à main, de perceuse ou de chignole, de brin, de marteau, d'enclume ou de tampon, de forge traditionnel ou ventilateur électrique, d'étau, de pointeau et le reste de l'outillage qui constitue un bonus.

Après cette étude de corrélation des variables explicatives de la divergence des artisans du Sud du Bassin Arachidier, le logiciel XLSTAT a été utilisé pour l'ACP et le CAH permettant de regrouper les artisans en trois (03) classes selon les 7 critères retenus ou les 7 matériaux nécessaires à la réalisation du semoir Super Éco.

Dans le tableau de la matrice de corrélation, les 7 variables présentent des corrélées positives ce qui veut dire que les variables s'expliquent l'une de l'autre, mais dans la réalité le niveau de fonctionnement diffère d'un atelier à l'autre car les moyens ne sont pas les mêmes. C'est pourquoi, l'ensemble de ces 7 variables quantitatives a été utilisé et retenu dans l'ACP (tableau 10). Dans ce tableau, on observe que la corrélation qui présente la basse valeur est celle qui lie le nombre de soufflets/Forge (SF) au Nombre d'étau (E) ( $r=0.11$ ) (tableau 10).

**Tableau 11.** Variables discriminantes choisies pour l'évaluation de la capacité des artisans à concevoir le semoir de semis direct sous couvert végétal

**Table 11:** Selected variables to measure the capacity of artisans to fabricate seed metering device of the animal powered no-till seeder

**Tabela 11.** Variáveis selecionadas para avaliar a capacidade dos mecânicos em fabricar a semeadora.

Variables quantitatives choisies		Code
01	Nombre de postes soudure à l'arc	PSA
02	Nombre de meules	M
03	Nombre de scie à métaux manuelles	SMM
04	Nombre de perceuses/chignoles	PC
05	Nombre d'enclumes/Tampon	ET
06	Nombre de soufflets/Forge	SF
07	Nombre d'étai	E

Les deux axes principaux l'ACP expliquant plus de 59,27% de la variance ont été utilisés dans une classification ascendante hiérarchique (CAH). La méthode CAH combinée avec Ward a été utilisée pour faire la classification des exploitations agricoles du Sud du Bassin Arachidier.

Les trois (03) classes d'ateliers retenues ont été interprétées en comparant leurs valeurs moyennes (test de Kruskal-Wallis Dunn/Bonferroni à  $p = 0,05$ ) pour les variables quantitatives (tableau 10).

Les données recueillies auprès des enquêtés ont été soumises aux outils d'analyse de la statistique descriptive par le calcul des moyennes et des écart-types.

### 6.3.2. Caractéristique socio-démographique des artisans enquêtés

Dans le Sud du Bassin Arachidier, l'âge du chef d'atelier peut osciller entre 30 ans (8,89% de l'échantillonnage) à 60 ans et plus (7,78% de l'échantillonnage). La tranche d'âge 30-60 ans représente plus de 83,33% des artisans enquêtés. L'artisan a une forte expérience du métier qu'il a hérité de ses parents depuis le bas âge. Il est musulman (96% des cas) avec un niveau scolaire ne dépassant guère le cycle primaire. Malgré son faible niveau d'instruction en arabe, il parvient tant bien que mal à se débrouiller avec pour la gestion des activités dans son atelier (gestion des commandes de clients, établissement des devis et des

factures aux clients, la gestion des outils de travail et la gestion des approvisionnements et des stocks de matière première etc...).

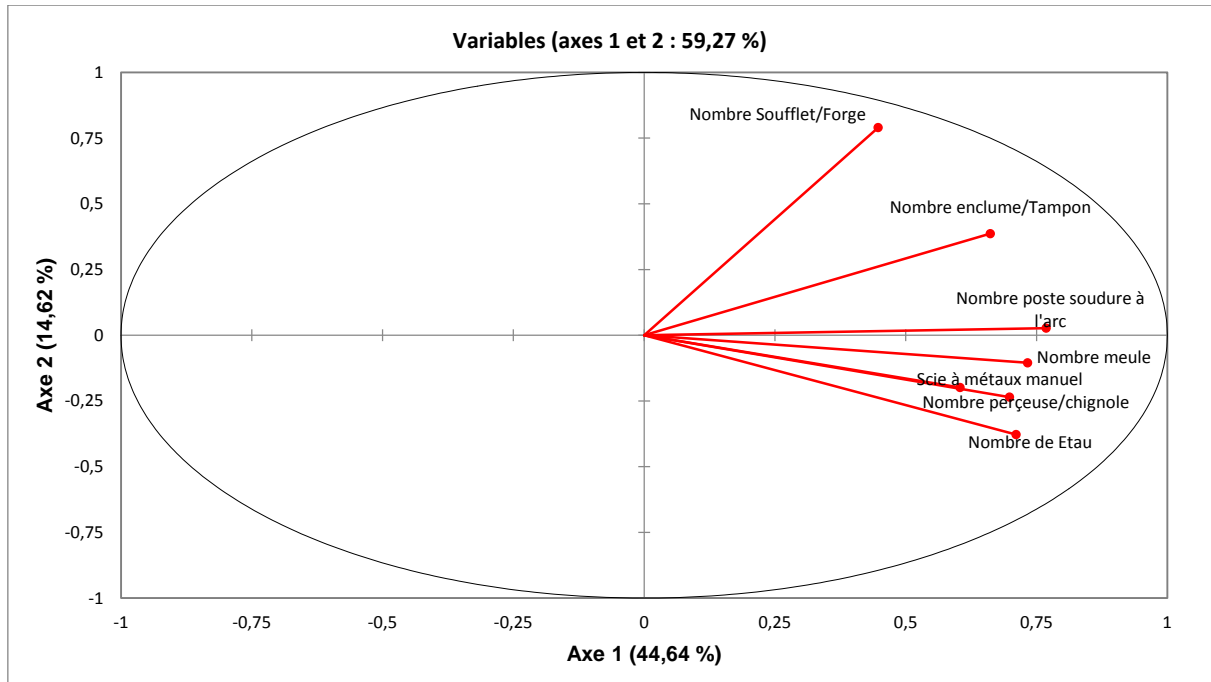
La quasi-totalité des artisans exerce une autre activité soit dans l'agriculture (86%), l'élevage (3%), le commerce (8%) ou autre ( ferrailleur, conducteur d'engin de terrassement et maître artisan) (3%). 18% des chefs d'atelier ont reçus de la part de l'Etat, des ONGs ou Projets et de propre parent une formation sur la fabrication de matériel à traction animale comme le semoir, la houe sine, la houe occidentale, les charrettes (équine et asine) et le ripper.

### 6.3.3. Typologie des artisans pouvant construire le semoir de semis direct version Super Éco

La matrice des vecteurs propres de l'ACP permet de représenter les variables sur le plan principal.

Les deux premiers axes expliquent 59% de la variabilité (figure 52). L'axe 1 (45% de la variabilité) montre que quelques chefs d'atelier sont super-équipés et sont en mesure de concevoir entièrement le semoir SDCVP-éco. L'axe 2 (15% de la variabilité) montre des contraintes de sous-équipement de certains chefs d'atelier en termes de meule, de scie à métaux et de perceuse/chignole se traduisant par un retard dans la conception du semoir ou par une incapacité à réaliser le semoir SDCVP-éco. En effet, ces outillages avec leurs fortes sollicitations tombent le plus souvent en panne.

**Figure 52.** Projection des variables de l'ACP dans le plan factoriel Axe 1-Axe 2  
**Figure 52.** Projection variables of PCA in the factorial plane Axis 1-Axis 2  
**Figura 52.** Projeção das variáveis da ACP nos dois eixos 1 e 2.

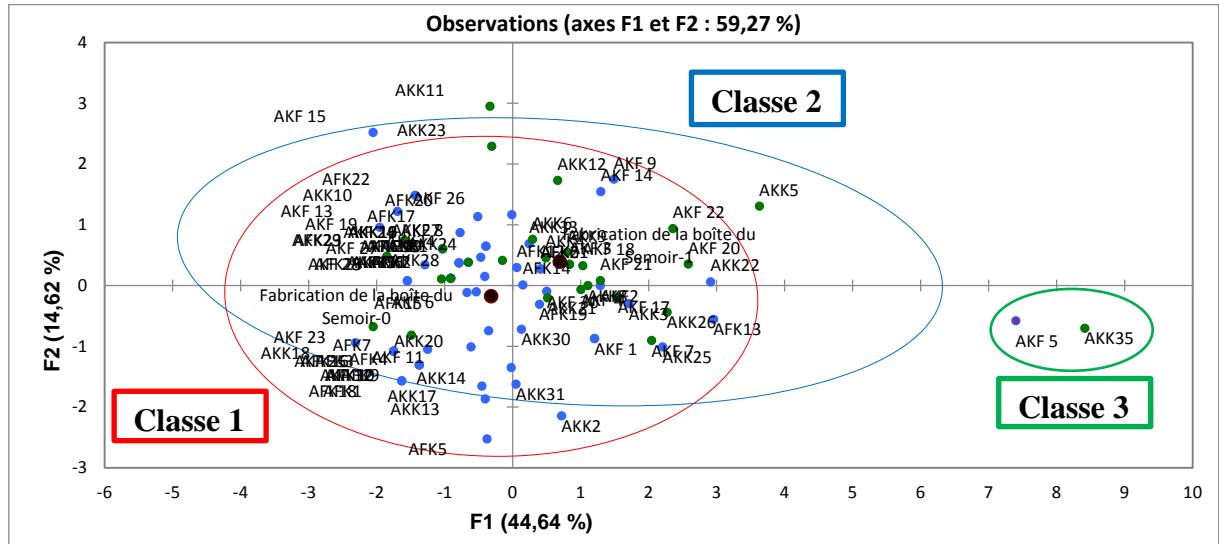


L'analyse de la distribution des différents ateliers enquêtés du SBA dans le plan factoriel Axe 1-Axe 2 défini par l'ACP par des variables quantitatives révélatrices de la distribution du minimum d'outillage permettant la conception du semoir SDCVP-éco en différentes classes est expliquée par le cercle de corrélation (figure 53).

**Figure 53.** Représentation des ateliers spécialisés dans la fabrication de matériel de traction animale par type dans le plan factoriel F1-F2

**Figure 53.** Representation of manufacturer who are specialized in fabrication of animal drawn agricultural machine by the factorial design F1-F2

**Figura 53.** Representação da oficinas especializadas na fabricação das semeadoras nos dois eixos 1 e 2.



La distribution du minimum d’outillage dans les trois classes est décrite dans le tableau 12.

**Tableau 12.** Caractéristique moyenne en outils de travail pour chaque classe d’atelier enquêté dans le Sud du Bassin Arachidier

**Table 12.** Average characteristic of each manufacturer class in the South Peanut Basin

**Tabela 12.** Característica média das ferramentas de trabalho de cada fábrica na bacia de amendoim.

Matériels de travail	Classe 1	Classe 2	Classe3
Nombre de poste soudure à l'arc	1,33	2,21	4,5
Nombre de meule	1,06	1,74	3,5
Nombre de scie à métaux manuel	1,2	1,37	3
Nombre de perceuse/chignole	0,59	1,74	4,5
Nombre d’enclume/Tampon	1,67	3,37	5
Nombre de soufflet/Forge	0,78	1,00	2
Nombre d’étau	1,04	1,42	3,5

L’analyse du tableau 12 montre une divergence entre les trois classes de chefs d’ateliers en termes de disponibilité du minimum de matériel nécessaire à la fabrication du semoir SDCVP-éco version Super Éco avec la dominance du classe 3 sur les deux autres.

**La classe 1** est la moins équipée par rapport aux autres. Elle se caractérise aussi par presque l'absence de perceuse/chignole (0,59 en moyenne) et de soufflet/forge (0,78 en moyenne). Vue l'importance de ces deux outils dans la fabrication du semoir SDCVP-éco, la classe 1 arrivera difficilement à réaliser le semoir. En effet, la perceuse/chignole permet de percer les différents points du boulonnage du semoir et le soufflet/forge permet de rompre la résistance du fer grâce au feu afin de pouvoir réaliser des déformations et les plissages nécessaires à la bonne conformation du semoir. Elle produit environ 4,52 semoirs Super Éco annuellement et arrive à 72,46% à construire le bâti, à 15,94% à construire la boîte, à 81,16% à construire les roues et à 79,71% à construire la trémie. Dans cette classe, 76,81% disent qu'ils n'arrivent pas à fabriquer la boîte à cause du manque d'équipement sophistiqué.

**La classe 2** se caractérise par un niveau correct en nombre de perceuse/chignole (1,74) et en nombre de soufflet/forge (1,00) participant dans la fabrication du semoir SDCVP-éco. Elle dispose en moyenne 2,21 postes de soudure à l'arc, 1,74 meules et 1,37 scie à métaux manuel etc... Elle est la classe intermédiaire entre la classe 1 et la classe 3 et elle arrive à 89,21% à construire la boîte et arrive à 100,00% à construire les roues et la trémie. Cependant, comme la classe 1, cette classe est aussi handicapée par le manque d'équipement sophistiqué pour bien réaliser entièrement le semoir.

**La classe 3** est la plus dotée en outils nécessaires à la fabrication du semoir SDCVP-éco. Elle compte en moyenne 4,5 postes de soudure à l'arc, 4,5 perceuses/chignoles et 2 soufflets/forges. C'est la classe qui produit annuellement le plus de semoir Super Éco que les deux autres (21) et qui n'éprouve aucune difficulté à réaliser entièrement le semoir Super Éco.

## 6.4. DISCUSSION

### 6.4.1. Prise en main du parc matériel de culture attelée par les artisans

L'importance du parc de matériel agricole à traction animale diffusé par les différents programmes de l'Etat (Sow, 1995 et Diop, 2011) a favorisé le développement de l'artisanat du fer pour la maintenance et les réparations des matériels agricoles diffusés, mais aussi la fabrication artisanale de certains équipements. Ce qui a permis de maintenir en service plus de vingt ans une grande partie des matériels agricoles (Fall, 1985 ; Havard, 1987 et Gaye, 1991).

Avec la faillite de la SISCOMA en 1980, une structure fortement dépendant du programme agricole (P.A) et l'arrêt de ces ventes de matériels agricoles (Bordet *et al.*,

1988), une nouvelle société la SISMAR a été créée en 1982 pour la fabrication (Havard, 1987). En conséquence, les réparations étaient gérées par les artisans ruraux. Ces derniers sont devenus de véritables « marteleurs artistes<sup>46</sup> » du semoir, de la houe et de quelques autres instruments utiles, tantôt rafistolant, tantôt reproduisant à l'identique ou presque, des pièces détachées (Diop, 2011).

L'artisanat forgeron s'est fortement développé pour l'entretien et la maintenance des matériels agricoles de traction animale, mais aussi pour la fabrication de certains équipements. Aujourd'hui, les artisans forgerons couvrent l'essentiel de la demande en charrues, sarclours et charrettes ainsi qu'en pièces de rechange (Havard *et al.*, 2009). Les artisans sont fortement impliqués dans la maintenance des matériels à différentes échelles : village, marché, ville d'importance régionale, surtout pour la fabrication de pièces détachées et de souleveuses (50% des modèles recensés dans le Bassin Arachidier), il y a environ un artisan pour 750 machines dans la région de Kaolack (Havard et Mbengue, 1989).

Mais force est de constater que ces formations étaient plus focalisées sur la fabrication et la réparation des outils de travail du sol voir la houe etc... Le forgeron réussit à cloner tous les autres équipements fabriqués par la SISMAR (Diop, 2011), y compris des matériels de traction comme la houe ou la charrette à l'exception du semoir où il éprouve des difficultés à fabriquer le système de distribution jugé trop complexe ( Fall, 1985 cité par Diop, 2011).

Même si certains forgerons prétendent pouvoir fabriquer les semoirs, la majorité d'entre eux préfèrent en reproduire les pièces détachées (Diop, 2011). D'ailleurs, à l'issue de la formation sur l'utilisation et l'entretien du matériel à traction animale s'est tenue au courant du mois de Décembre 2013 à Thiél avec le programme machinisme agricole et post-récolte du CNRA de Bambey, les jeunes producteurs et certains artisans avaient exprimé un besoin pressant d'être formés sur l'utilisation et l'entretien du semoir super éco (Sarr, 2013).

La plupart des produits artisanaux sont fabriqués avec des matériaux de récupération qui sont souvent de qualité moindre comparée aux produits industriels. Certes, les produits artisanaux ont l'avantage d'être disponibles sur les marchés locaux et beaucoup moins chers (Havard *et al.*, 2009). Cependant, les forgerons éprouvent d'énormes difficultés à s'approvisionner en matières premières de bonne qualité ou en outils de travail performants. Les matières premières principales utilisées sont les lames d'amortisseurs de camion et les

---

<sup>46</sup> Marteleurs artistes : de véritable bricoleurs qui peuvent reproduire une pièce à l'identique. Une prise en main totale du parc matériel agricole afin de satisfaire le besoin de la clientèle ou des producteurs

chutes de menuiseries métalliques destinées à la fabrication des lames d'outils manuels et des pièces travaillantes des équipements de culture attelée (Fall et Ndiame, 1988). Cette difficulté d'approvisionnement en matières premières ferreuses allait s'accroître si l'Etat n'avait pas décrété la loi (N°2013-587 du 02 mai 2013) interdisant l'exportation de ferrailles à l'étranger (Sarr, 2013). En effet, les artisans locaux étaient concurrencés sur le marché de la ferraille par les acquéreurs d'origine indienne ou chinoise établis dans le pays et qui avaient plus de pouvoir d'achat qu'eux.

Ce qui allait sûrement démobiliser le dynamisme du secteur de l'artisanat. L'Etat doit encourager la création des petites et moyennes entreprises qui plus tard vont participer à l'économie nationale et à la durabilité du secteur de la mécanisation agricole. En effet, les importations de matériels agricoles et de leurs pièces de rechanges coûtent chers pour nos gouvernants. C'est pourquoi, il est impératif que la fabrication de ces pièces de rechanges soit prise en main par des artisans locaux bien formés et structurés auparavant. C'est ce qui assurera une durabilité de la mécanisation agricole.

#### 6.4.2. Capacité des artisans enquêtés à la conception du semoir SDCVP-éco

La technicité des artisans du Sud du Bassin Arachidier s'est nettement améliorée comparée au passé où la majorité d'entre eux éprouvaient des difficultés à fabriquer le système de distribution du semoir Super Éco, très compliqué, avaient rapporté dans leurs travaux certains auteurs du domaine comme Fall (1985), Sow (1995) et Diop (2011). En effet, nos résultats ont montré qu'à l'exception de la classe 1, les classes 2 et 3 plus expérimentés (bonne expérience dans la fabrication du semoir Super Éco) et plus équipés en matériels sophistiqués (poste soudure à l'arc, scie à métaux mécanique, perceuse à poste fixe etc...) arrivent à fabriquer les différentes parties du semoir Super Éco y compris la fabrication de la boîte de distribution du semoir qui handicapait dans le passé les artisans.

Cette performance de l'artisanat s'explique par le fait que les artisans bénéficient de dons d'équipement et de formation de la part des structures intervenant dans la promotion de l'artisanat comme le PROMER phase I et II (FIDA, 2012).

Il est à signaler qu'à l'heure actuelle, les semoirs de Super Éco de conception artisanale n'ont pas été testés au niveau de la recherche afin d'attester leur performance technique et agronomique. En effet, lors de nos enquêtes certains producteurs disent qu'avec l'utilisation du semoir Super Éco local, la dose de semis est réduite comparée au semoir Super Éco industriel. En effet, dans le marché, on rencontre deux types de semoir

Super Éco artisanal de systèmes de distributions différentes. Pour le premier type, le système de distribution composée d'un pignon 8 dents et d'un engrenage 24 trous (soit un rapport de 1/3) est une imitation du semoir super éco industriel. Tandis que le deuxième est conçu avec un système de distribution allégée de deux pignons satellites (le grand avec 16 dents et le petit avec 10 dents soit un rapport de 5/8) issus d'épave de véhicule achetés soit au niveau de mécaniciens ou de vendeur de ferrailles ( annexe 6) qui est complètement différent du système de distribution du semoir industriel. Ce dernier qui n'est pas dimensionné par la recherche utilise des doses de semences très importantes comparé à la normale. En effet, aux vues des rapports de vitesse, on voit que le semoir artisanal type 2 va aller deux fois plus vite que le semoir super normal.

C'est pourquoi, l'emploi de ce dernier par certains producteurs doit être revu vue qu'à l'heure actuelle où les semences certifiées comme celui de l'arachide coûtent cher (environ 1500 Fcfa/kg) pour le petit paysan.

Il appartient aux décideurs d'impliquer la recherche pour donner son aval sur la mise en circulation d'un nouveau produit sur le marché en faisant les tests d'adaptabilité, de performance et de proposer de possibles solutions d'amélioration. Pour le cas du second type de semoir développé par les artisans, il s'agira pour la recherche d'effectuer des tests de performance mais aussi de proposer de possibles solutions d'amélioration de son mécanisme de distribution.

## 6.5. CONCLUSION

L'étude de la caractérisation socio-démographique a permis de révéler que 83,33% des artisans du Sud du Bassin Arachidier ont un âge compris entre 30-60 ans qui est l'âge de la maturité et sont donc composés d'une population valide et jeune. Ce qui veut dire qu'il est la force de travail n'a pas quitté les ateliers. Qu'en dehors de l'artisanat, la quasi-totalité des artisans exerce une autre activité soit dans l'agriculture (86%), l'élevage (3%), le commerce (8%) ou autre ( ferrailleur, conducteur d'engin de terrassement et maître artisan) (3%). 18% des chefs d'atelier ont reçu de la part de l'Etat, des ONGs ou Projets ou de propre parent une formation sur la fabrication de matériel à traction animale comme le semoir, la houe sine, la houe occidentale, les charrettes (équine et asine) et le ripper.

L'étude de la classification a révélé que les artisans des classes 2 et 3 dans 90% des cas sont en mesure de concevoir entièrement le semoir Super Éco et que seule la classe 1 se limite uniquement à la fabrication de certaines parties du semoir Super Éco.

Cette évolution de l'artisanat sénégalais s'explique par le fait qu'actuellement, les artisans bénéficient de dons d'équipement et de formation sur la fabrication des matériels de traction animale de la part de donateurs, des structures et des institutions de recherche intervenant dans l'artisanat. Ce qui constitue un point très important pour le projet du SDCVP dans la mesure où on pourra sélectionner un parmi les classes d'artisans aptes qui est expérimenté, accessible et disponible à accompagner le projet dans la fabrication du semoir de semis direct sous couvert végétal version Super Éco.

## **7. ARTICLE 4. CONCEPTION ET EXPERIMENTATION D'UN PROTOTYPE DE SEMOIR DE SEMIS DIRECT SOUS COUVERT VEGETAL A TRACTION ANIMALE AU SENEGAL**

### **RESUME**

En Afrique Sud Saharienne, développer la conception, l'adaptation et la fabrication locale de matériels agricoles doit permettre d'en réduire les coûts de fabrication et de mieux les adapter aux conditions locales de travail. Cette étude réalisée au Sénégal vise à adapter le semoir Super Éco très utilisé en traction animale au système de semis direct sous couvert végétal permanent (SDCVP). La méthode de conception et fabrication « Expérimentation-modification » est utilisée dans le cadre d'une collaboration entre l'Institut Sénégalais de Recherche Agricole et un artisan spécialisé dans la fabrication de matériels agricoles de traction animale. Le logiciel Solidworks a permis de dessiner les plans du prototype du semoir SDCVP-éco réalisé par l'artisan. Le coût de fabrication de ce semoir au Sénégal a été déterminé sur la base des prix unitaires des matières premières et des pièces entrant dans sa fabrication, auxquels ont été ajoutées les dépenses de fonctionnement et de main d'œuvre de l'artisan. Ce coût de fabrication est voisin des prix des semoirs de semis direct à traction animale importés. Aussi, une subvention sur le prix de vente aux agriculteurs apparaît nécessaire pour sa diffusion. Les efforts de traction demandés pour le semis sur couvert végétal (70 à 80 daN) sont trop élevés pour un travail en continu avec un cheval de 250 kg. Ce semoir SDCVP-éco ne peut être tiré que par une paire de bœufs. Les étapes suivantes dans le processus de diffusion sont de : i) tester le semoir SDCVP-éco avec les agriculteurs et dans leurs conditions de travail et ii) travailler avec l'industriel fabriquant du matériel de culture attelée au Sénégal (SISMAR) pour la standardisation de la fabrication des prochains prototypes.

**Mots-clés :** coût de production estimative, effort de traction, ingénierie agricole, modification de semoir, plante de couverture

## DESIGN AND EXPERIMENTATION OF A PROTOTYPE OF A LOCAL ANIMAL POWERED NO-TILL SEEDER IN SENEGAL

### ABSTRACT

In South-Saharan Africa, developing the design, adaptation and local manufacture of agricultural equipment should help to reduce manufacturing costs and to better adapt them to local working conditions. This study carried out in Senegal aims to adapt the Super-Éco seeder which is widely used in animal traction to the system of no tillage based on cover crop. The method of design and manufacture « Experimentation- Modification » is used in the framework of a collaboration between the Senegalese Institute of Agricultural Research and a craftsman specialized in the manufacture of agricultural equipment of animal traction. The Solidworks software allowed to draw the plans of the prototype of the animal powered no-till seeder « Super-Éco » realized by the craftsman. The cost of manufacturing this seeder in Senegal was determined on the basis of the unit prices of raw materials and parts used in its manufacture, to which were added the operating and labor expenditures of the artisan. This manufacturing cost is close to the prices of imported animal powered no-till seeder. Also, a subsidy on the sale price to farmers appears necessary for its diffusion. The tensile forces required for seeding on cover crop (70 to 80 daN) are too high for continuous work for horse of 250 kg of weight. This animal powered no-till seeder « Super-Éco » can only be pulled by a pair of oxen. The following steps in the dissemination process are to: i) test animal powered no-till seeder « Super-Éco » with farmers and in their working conditions, and ii) work with the Sahelian Society of mechanization, Agricultural equipment and representation in Senegal (SISMAR) for the standardization of the manufacturing of the next prototype.

**Keywords :** agricultural engineering, cover crop, estimated production cost, modification of seeder, tractive effort

## 7.1. INTRODUCTION

En Afrique de l'Ouest, la conception et l'adaptation locale de semoirs de semis direct de traction animale faciles d'utilisation et accessibles aux petits producteurs sont importantes pour favoriser l'adoption du semis direct sous couvert végétal (Sissoko *et al.*, 2007). Jusqu'à présent, ces semoirs importés sont chers et n'ont pas donné satisfaction. En effet, les performances du semoir brésilien (Fitarelli) à un rang (Bozza *et al.*, 2004 ; Ashburner, 2004; Fert et Afditouraine, 2014) n'ont pas répondu aux attentes des agriculteurs ; les densités de semis, et les doses d'engrais ne sont pas régulières, le semoir n'est pas maniable, et les paysans préféreraient un semoir à deux rangs (Vadon *et al.*, 2011). Les tests du prototype de l'AFDI (Agriculteurs Français et Développement International) n'ont pas été concluants au Mali (Sissoko *et al.*, 2007), les adaptations faites pour alléger le semoir et faciliter sa fabrication locale par les forgerons n'ont pas donné satisfaction (TCS, 2006 ; Afditouraine, 2015 ). Suite à ces expériences, des suggestions d'adaptation des semoirs aux conditions locales ont été faites pour le Sud du Mali (Sissoko *et al.*, 2007) « Il conviendrait également dans une optique d'avoir des semoirs plus simples et moins coûteux, sans épandeur d'engrais qui alourdit le système, de transformer le semoir local pour un semis de coton, du mil et du sorgho, en s'inspirant du semoir Fitarelli : rajout d'un disque à l'avant pour trancher la végétation, d'un soc juste derrière pour ouvrir la raie de semis, transfert du réservoir de semences au milieu, confection de roues plus hautes ».

Le semoir Super Éco étant très utilisé au Sénégal avec les chevaux et les ânes (Bordet *et al.*, 1988), les suggestions ci-dessus nous ont amené à proposer d'adapter le Super-Éco au système de semis direct sous couvert végétal. Depuis la fin de la seconde guerre mondiale, de nombreuses modifications ont été apportées au semoir Super Éco par la recherche (Institut Sénégalais de Recherche Agricole – ISRA) et par les principaux constructeurs (Ulysse Fabre et SISMAR - ex-SISCOMA), mais seuls certains disques adaptables sur le Super-Éco pour semer l'arachide, le maïs, le mil et le sorgho ont diffusé chez les agriculteurs ; les adaptations ci-après sont restées au stade prototype (Havard, 1986 ; Havard, 1988) :

- adaptation d'un dispositif spécifique sur le bâti du Super-Éco pour épandre de l'engrais au semis (constructeur Ulysse Fabre) ;

- adaptation du distributeur à plateau aux semences de coton non délinté en ajoutant dans la trémie un disque à aubes assurant l'alimentation du disque par compression des graines dans les alvéoles (constructeur Ulysse Fabre) ;
- remplacement du distributeur à plateau incliné par un distributeur spécifique pour le coton non délinté appelé "Tamba" (constructeur SISCOMA) ;
- adaptation sur le bâti du Super-Éco, d'un dispositif pour enfouir un produit nématicide liquide à 15 cm de profondeur au semis de l'arachide ; appareil appelé « stériculteur de nématicide » (Havard, 1998) (recherche ISRA, constructeur SISMAR) ;
- différentes conceptions de semoirs multirangs ont aussi été tentées pour mieux valoriser la puissance de traction d'une paire de bœufs, et semer plus rapidement : i) bâti avec plusieurs trémies (trois) sur le polyculteur, ii) accoupler deux trémies de Super-Éco en prévoyant un dispositif de réglage des interlignes, iii) attacher deux semoirs Super-Éco à un palonnier. Les semoirs multirangs ne se sont pas développés, car la traction bovine est peu utilisée au semis, et la présence de souches, d'obstacles dans les champs est un frein à l'utilisation des semoirs multirangs (Havard, 1988).

Notre étude vise à concevoir, adapter et expérimenter le prototype du semoir de semis direct version semoir Super Éco avec le concours d'un artisan local. Cet article présente la méthodologie utilisée pour ça. Puis, les caractéristiques techniques et économiques du prototype sont décrites, et les résultats des essais de semis sur un couvert végétal et d'adaptation à la puissance d'un cheval sont présentés. Des propositions d'amélioration du prototype de semis direct sont faites en conclusion.

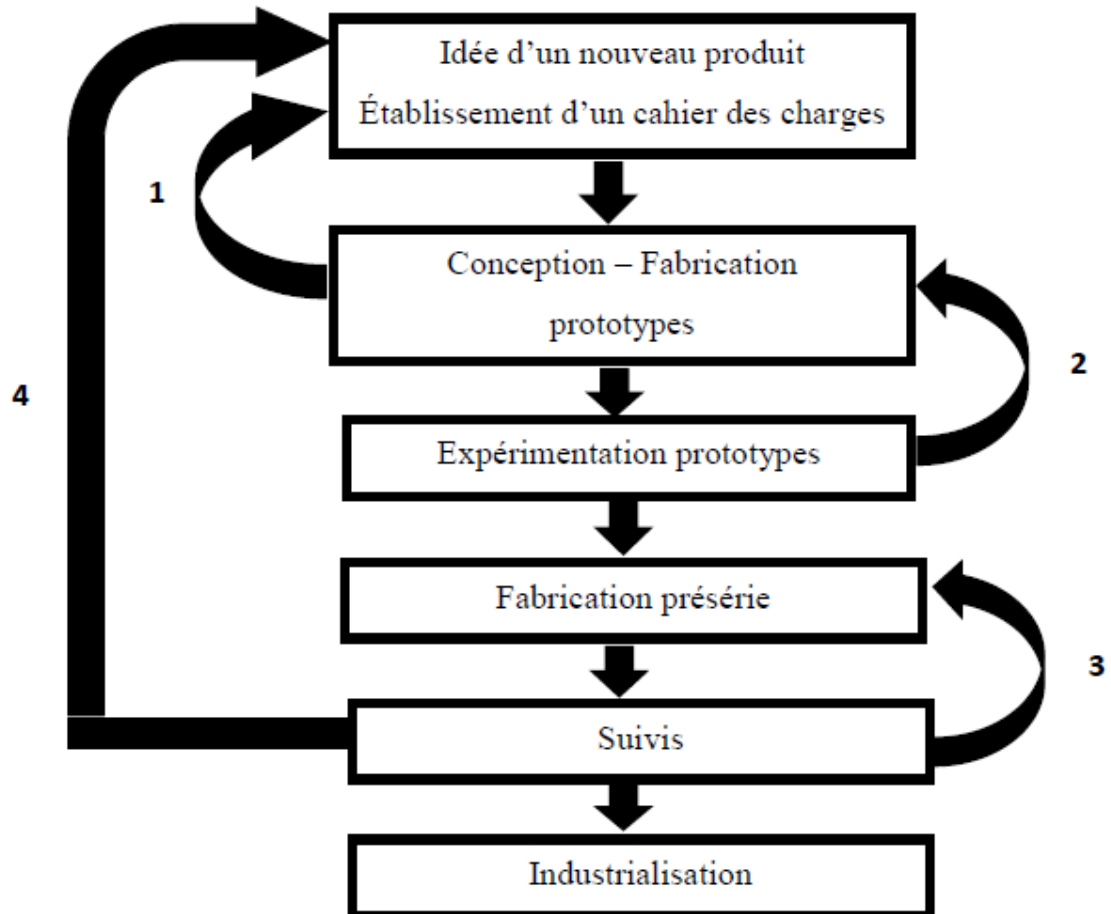
## 7.2. MATERIELS ET METHODES

L'étude a suivi le processus de la méthode « Expérimentation-Modification » (Havard, 1998) faisant intervenir plusieurs partenaires (demandeurs, constructeurs, centres d'expérimentation, etc.) et comprenant plusieurs phases successives (**figure 54**). Quand les conditions ne sont pas réunies pour passer d'une phase à la suivante, il est nécessaire de revenir en arrière (recommencer une partie du processus), (voir les flèches 1, 2, 3 et 4 sur la **figure 54**).

**Figure 54.** Description des différentes étapes de la méthode “ Expérimentation-Modification ”

**Figure 54.** Description of the different stages of the “ Experimentation-Modification ” method

**Figura 54.** As diferentes etapas do método “ Experimentação-Modificação ”.



Source : Havard, 1998

Les dernières étapes (fabrication présérie, suivis et industrialisation) ne sont pas abordées dans cet article, car elles ne sont pas commencées.

#### 7.2.1. Etablissement d'un cahier des charges

L'établissement d'un cahier des charges est réalisé à partir de l'analyse détaillée d'une demande, d'un besoin de mécanisation d'une (ou de plusieurs) opération, d'une tâche. Le cahier des charges détermine les caractéristiques et les performances techniques et économiques du matériel à mettre au point ou à introduire.

### **Encadré 1. Cahier des charges du semoir de semis direct**

Le semoir de semis direct doit :

- être conçu à partir du bâti du semoir Super Éco très utilisé au Sénégal ;
- pouvoir semer directement sur un sol avec une couverture végétale, c'est-à-dire qu'il doit couper la couverture végétale pour permettre le passage du soc semeur, et ensuite fermer la ligne de semis pour recouvrir les semences ;
- avoir un bâti suffisamment rigide pour supporter les efforts demandés pour les semis dans une couverture végétale ;
- demander des efforts de traction compatibles avec les animaux de traits utilisés ;
- pouvoir être fabriqué et assemblé dans les ateliers des artisans locaux pour la majorité des pièces et accessoires ;
- avoir un coût de production inférieur aux autres semoirs de semis direct à traction animale présents en Afrique de l'Ouest, et proche du coût du semoir Super Éco.

#### 7.2.2. Conception, puis fabrication (ou adaptation) de prototypes

Au préalable, des recherches sur du matériel existant susceptible de convenir sont menées. En fonction des résultats de ces recherches, soit des matériels seront introduits et adaptés, soit ils seront inventés, conçus et fabriqués localement par des constructeurs, avec l'appui éventuel de centres de recherche et d'expérimentation en machinisme agricole.

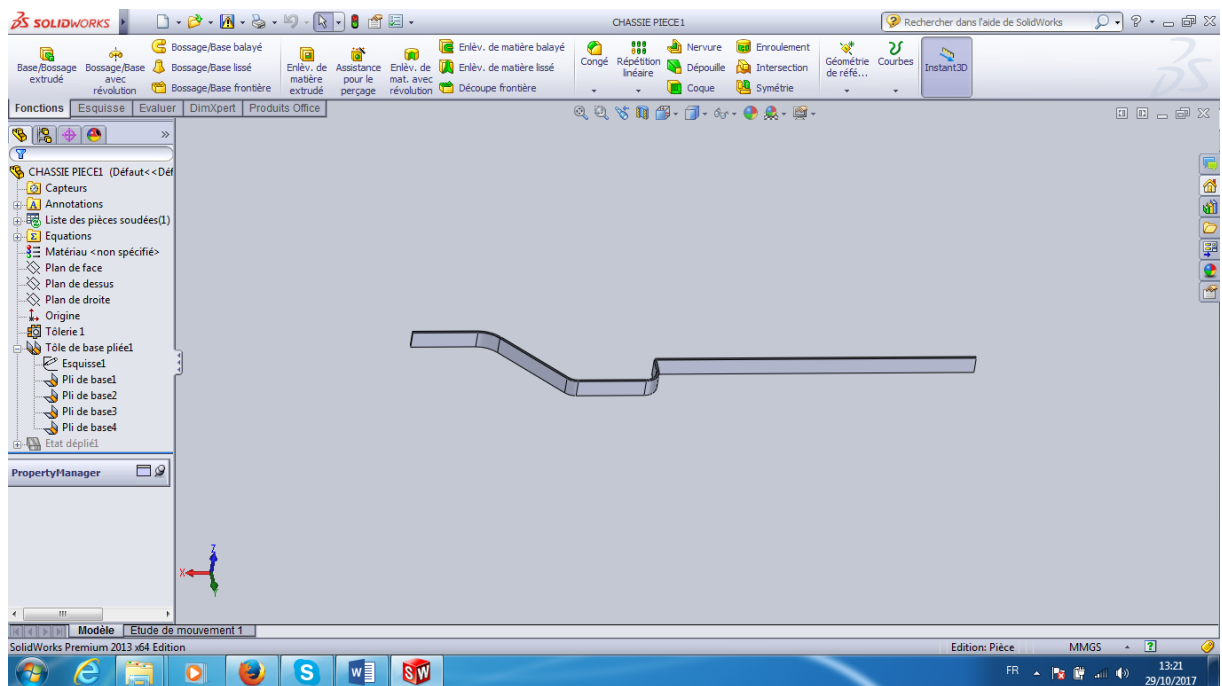
Après les discussions avec les producteurs et les artisans du Sud du Bassin Arachidier sur les modifications et adaptations à faire sur le semoir Super-Éco, le logiciel Solidworks de conception assistée par ordinateur (CAO) a permis de réaliser les plans annotés des pièces et de leurs assemblages : dimensions, nom du concepteur, nom de son établissement, date de réalisation du plan et l'échelle utilisée. Le logiciel Solidworks génère des esquisses (draft de dessin) et des fonctions (coques, dépouilles, bossage, enlèvement de matières, répétitions etc...) appliquées sur les esquisses afin de leur donner une forme ou un volume. Il intègre un outil bibliothèque renfermant toute la boulonnerie les roulements, les chaînes etc... qui peuvent être utilisées dans l'assemblage du prototype. Par exemple l'arborescence à gauche de l'écran de travail du logiciel Solidworks retrace pour chacune des pièces du semoir SDCVP-éco toutes les opérations qui ont été effectuées (esquisse, fonction, assemblage etc...). Ainsi, pour la fabrication du châssis du semoir SDCVP-éco (figures 55 et 56), l'esquisse a servi à confectionner une pièce de largeur 30 mm et de longueur totale 930 mm, la fonction tôlerie a été utilisée pour les pliages et les dépliages sur les tôles ou les fers

plats de 30/10, la fonction bossage extrudé a permis d'ajouter du volume ou de l'épaisseur à une pièce au niveau de l'esquisse (10 mm) et la fonction d'enlèvement de matières de réaliser des trous de 8 mm pour les boulons M8.

**Figure 55.** Réalisation de la pièce « cadre du semoir SDCVP-éco » sous solidworks en utilisant l'esquisse et les fonctions (extrusion, enlèvement de matière et tôlerie)

**Figure 55.** Realization of the part "animal powered no-till seeder-éco frame" under solidworks using the sketch and the functions (extrusion, removal of material and sheet metal)

**Figura 55.** Esboço de uma das peças da Super Éco no programa solidworks, empregando extrusão, remoção de material e chapa metálica.

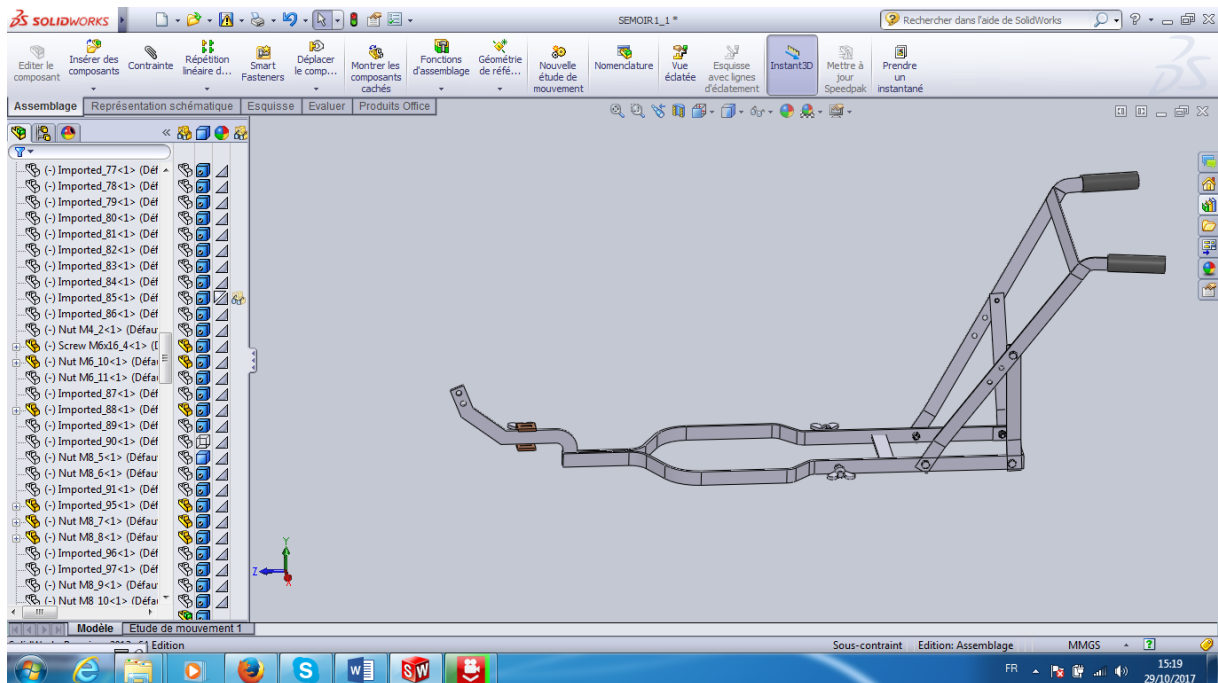


Les différentes pièces du semoir sont confectionnées selon la même démarche que pour le cadre. Elles sont ensuite assemblées sur ordinateur à l'aide du logiciel pour la réalisation des différentes parties du semoir (exemple du bâti figure 56), puis les boulons, les vis, etc... pour fixer les différentes pièces, sont recherchés dans l'outil bibliothèque du logiciel.

**Figure 56.** Réalisation de l'assemblage du châssis du semoir SDCVP-éco sous *solidworks*

**Figure 56.** Realization of the assembly of the animal powered no-till seeder-eco frame under *solidworks*

**Figura 56.** Montagem da super éco no *solidworks*.



L'artisan retenu pour la fabrication du prototype a son atelier proche du lieu des essais. Il a été retenu sur les critères suivants : i) grande expérience dans la conception de matériel agricole, ii) forte sollicitation par les agriculteurs, iii) disposant d'un atelier bien équipé pour la menuiserie métallique (annexe 7), iv) affilié à la chambre de métier de Kaolack.

Pour évaluer le coût du prototype, les prix des matériaux et des pièces entrant dans sa fabrication ont été collectés auprès de la Chambre de Commerce de Dakar, de la Direction des Impôts et du Domaine à Dakar, de la Direction Générale de la Douane Sénégalaise et des fournisseurs établis à Dakar (annexe 8). Les coûts de la matière première (MP) utilisée, les dépenses de fonctionnement et d'amortissement de l'atelier ont permis de calculer le prix de revient estimé du semoir SCV-éco.

$Coût\ de\ cession = Coût\ de\ Production + Marge\ (A)$  (source : auteur)

Ici, on prend :

Marge = 10% du Coût de Production **(B)** (source : auteur)

Les 10% du coût de production correspondent à la marge bénéficiaire de l'artisan. En effet, lors de nos discussions, l'artisan nous a fait savoir qu'en général quand il

fabrique une machine (un semoir Super Éco), le bénéfice escompté ne dépasse guère plus de 20000 Fcfa. C'est pourquoi, en faisant un rapport de proportionnalité entre cette marge bénéficiaire estimée (20000 Fcfa) et le coût de cession du semoir (environ 200 000 Fcfa) alors nous aboutissons à ce taux de 10% ( $20000/200000 = 0,1 = 10\%$ ).

*Coût de cession = Coût de Production + 10% Coût de Production* (source : auteur)

*Coût de Production = Coût MP + Coût Fonctionnement + Coût MOT (C)*

Les coûts de fonctionnement et de la main d'œuvre (MOT) ont été estimés par l'artisan sur la base de ses charges (électricité, transport, eau, communications) et de la rémunération du seul apprenti salarié de son atelier.

Le calcul du coût de la matière première (Coût MP) ou Y en TTC est calculé comme suit. Le coût de la matière première importée (Coût MPI) en TTC est obtenu à partir du prix hors taxes (P) auquel sont ajoutés les droits de douane (DD) et les diverses taxes sur P+DD : TVA (Taxe sur la Valeur Ajoutée, 18%), RS (Redevance Statistique, 1%), PCC (Prélèvement Communautaire CEDEAO<sup>47</sup>, 0,5%) et PCS (Prélèvement Communautaire Solidarité, 1%).

$$\text{Coût MPI (TTC)} = Y \text{ (TTC)} = P + DD + TVA + RS + PCC + PCS \quad (1)$$

Ainsi, un fer plat de 100 Fcfa qui entre par la voie terrestre au Sénégal va coûter en prix TTC 144,6 Fcfa, soit un montant de droits et taxes de 44,6% (annexe 8).

Le coût de la matière première non importée (Coût MPNI) acheté localement aux vendeurs de ferrailles et autres commerçants est la somme du prix payé à l'achat (PP) incluant la TVA.

$$\text{Coût MPNI (TTC)} = Z \text{ (TTC)} = PP \quad (2)$$

Le prix payé (PP) est le produit de la quantité de matière première achetée (Q) fois le prix unitaire (Pu) (annexe 9).

$$PP = Q * Pu$$

Finalement, le coût de la matière première utilisée dans la fabrication du semoir de semis direct version Super-Éco s'écrit comme suit :

$$\text{Coût MP (TTC)} = \text{Coût MPI (TTC)} + \text{Coût MPNI (TTC)} \quad (\text{source : auteur})$$

### 7.2.3. Expérimentations du prototype

Expérimenter un matériel agricole, c'est l'essayer, l'éprouver, l'observer et l'évaluer techniquement (caractéristiques, qualité du travail, etc.) en milieu contrôlé afin de

<sup>47</sup> Communauté Economique des Etats de l'Afrique de l'Ouest

proposer des améliorations, des modifications et des adaptations. C'est aussi évaluer ses performances techniques et économiques dans les conditions réelles d'utilisation (CEEMAT<sup>48</sup>, 1976 ; Smith et al., 1994).

Les tests de performance ont été effectués à la station de recherche de l'ISRA à Nioro du 26 au 27 juillet 2016 en saison pluvieuse sur un sol "dior" (sablo-limoneux), préalablement humidifié sur 20 cm de profondeur coïncidant avec une pluie utile d'au moins 15 mm et ont été menés sur un dispositif en bloc complètement randomisé de 12 parcelles élémentaires de 10 m de côté soit 100 m<sup>2</sup> chacune, dans lequel avec trois répétitions de chacun des quatre traitements dont les traitements de couverture végétale contenaient trois espèces de brachiarias importées du Brésil à Barreiras situé à l'Ouest de l'Etat de Bahia (*Brachiaria ruziziensis*, *Brachiaria decumbens* et *Brachiaria brizantha*). Dans les parcelles témoin labouré, on a fait passer le semoir Super Éco et dans les parcelles en culture associée (mil+ *brachiaria*), on fait passer le semoir SDCVP-éco.

Avant de procéder aux tests, nous avons pris le soin de mesurer la hauteur moyenne de six pieds de *brachiaria* pris au hasard au niveau de chacun des traitements et dans chacune des répétitions. Les hauteurs moyennes se situent à environ 35,00 cm pour la *brachiaria ruziziensis* et vers 50,00 cm pour les *brachiarias Decumbens* et *Brizantha* (Tableau 13).

**Tableau 13.** Hauteur moyenne des *brachiarias* avant le passage du semoir SDCVP-éco au niveau du dispositif expérimental pour le test de traction

**Table 13.** Average height of *brachiarias* before starting the field test of the traction force of the animal powered no till seeder (SDCVP-éco)

**Tabela 13.** Altura média de *brachiarias* antes da sementeira SDCVP-éco no dispositivo experimental para o teste de tração.

Espèces	Hauteur (cm)
<i>Brachiaria Ruzuziensis</i>	35,30 <sup>a</sup>
<i>Brachiaria Decumbens</i>	46,83 <sup>b</sup>
<i>Brachiaria Brizantha</i>	53,31 <sup>b</sup>
p-valor	0.0032
CV (%)	6,08

Les traitements ayant la même lettre ne sont pas significativement différents selon le test de Tukey (p-value > 0,05).

<sup>48</sup> Centre d'Etudes et d'Expérimentation du Machinisme Agricole Tropical

Les matériels, animaux et équipements suivants ont été utilisés pour les tests

:

- un cheval déjà dressé pour la traction ;
- un dynamomètre mécanique pour évaluer la force de traction ;
- un chronomètre pour mesurer le temps mis pour exécuter un travail sur trois lignes d'une longueur de trente mètres chacune ;
- un ruban barymétrique pour estimer le poids du cheval

La formule de Crevat (Marcenac & Aublet, 1964) ci-dessous a été utilisée pour cette estimation le poids du cheval :

$$PV \text{ (kg)} = 80 \times PT^3 \text{ (mètre)}$$

Avec :

- ✓ PV le poids vif en kilogramme (kg) ;
- ✓ PT le périmètre thoracique au niveau du passage de sangle et à l'arrière du garrot pendant la phase expiratoire.

Le ruban barymétrique comme instrument de mesure sera utilisé pour l'évaluation du poids vif. L'abaque<sup>49</sup> des performances du bœuf, de l'âne et du cheval pour l'évaluation des efforts de traction en traction animale sera utilisé dans l'interprétation des résultats (Vall, 1998) (annexe 10) : sont mesurés le poids vif de l'attelage, la force de traction moyenne, la durée et la vitesse de traction pour différents types d'efforts (léger, optimum et lourd).

La formule utilisée pour le calcul de la puissance :

$$P = F * V \text{ (Vall, 1998)}$$

Avec :

- ✓ P = Puissance de traction en Watt ;
- ✓ F = Force de traction en N ;
- ✓ et V = Vitesse de traction en m/s.

L'analyse de la variance et le test de Tukey pour établir les différences significatives entre les traitements au seuil de probabilité de 0,05 ont été réalisés avec logiciel statistique SISVAR très utilisé par les universitaires brésiliens pour le traitement des données des expérimentations agronomiques et le tableur Microsoft Office Excel 2013.

---

<sup>49</sup> Abaque : C'est un diagramme ou une graphique qui donne, par simple lecture, la solution approchée d'un problème numérique.

#### 7.2.4. Fabrication d'une présérie

Quand un prototype satisfait au cahier des charges et passe avec succès les expérimentations en milieu contrôlé et en milieu réel, une présérie (quelques dizaines d'exemplaires) est fabriquée par le constructeur du prototype.

#### 7.2.5. Suivis de la présérie

Les machines sont confiées à des utilisateurs potentiels. Les conditions de travail et les performances correspondantes sont suivies et évaluées.

#### 7.2.6. Industrialisation (fabrication en série)

Après les dernières adaptations sur la présérie, le matériel peut être fabriqué en série par un industriel, une petite et moyenne entreprise ou des artisans, puis mis en vente.

### 7.3. RESULTATS

Un prototype répondant au cahier des charges a été fabriqué : ses caractéristiques techniques sont décrites, et son prix de revient a été évalué. Les essais du prototype en semis direct ont pu être réalisés sous certains couverts végétaux et les essais d'effort de traction ont été réalisés avec un cheval.

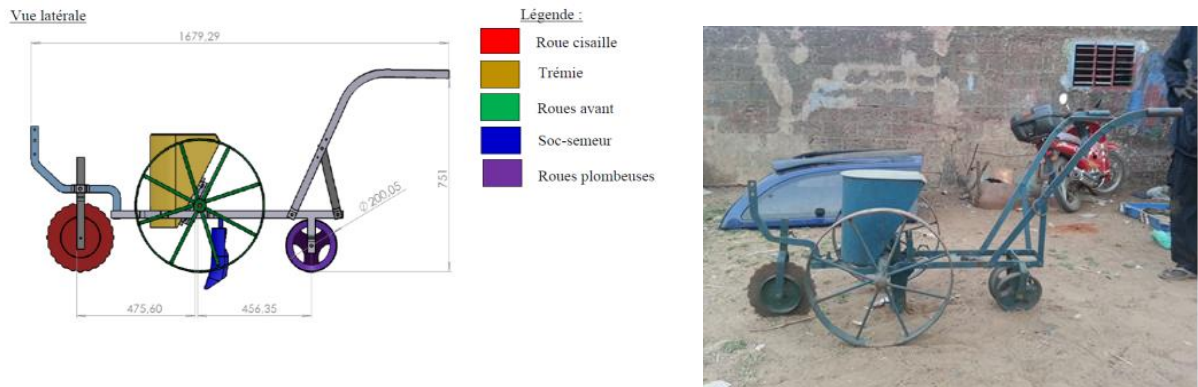
#### 7.3.1. Les caractéristiques techniques du prototype de semoir SDCVP-éco

Le plan obtenu avec le logiciel Solidworks nous a permis d'orienter l'artisan choisi afin d'avoir le premier prototype du semoir SDCVP-éco (Figure 57).

**Figure 57.** a (à gauche) et b (à droite). Figure 57 a. Vue latérale du prototype de semoir SDCVP-éco sous Solidworks. Figure 57 b. Le prototype réalisé par l'artisan retenu

**Figure 57.** a (left) and b (right). Figure 57 a. Side view of the animal powered no-till seeder « Super Éco » prototype under Solidworks. Figure 57 b. The prototype made by the selected artisan

**Figura 57.** Vista lateral da semeadora Super Éco adaptada no *Solidworks* (esquerda) e protótipo construído pelo mecânico selecionado (direita).



### 7.3.2. Les étapes du processus de réalisation du premier prototype de semoir SDCVP-éco

Sur la base de ce cahier des charges, une maquette numérique (figure 57) réalisée avec le logiciel Solidworks a été présentée à l'artisan retenu pour sa fabrication.

### 7.3.3. Le matériel et l'équipement utilisés dans la fabrication du prototype

A partir du cahier des charges et de la maquette du prototype du semoir SDCVP-éco, une liste de matériaux et d'équipement de travail nécessaires à la fabrication du semoir SCV-éco a été dressée par l'artisan retenu (annexe 9 et annexe 11).

**Tableau 14.** Minimum d'outillage indispensable à la réalisation du semoir SDCVP-éco  
**Table 14.** Minimum of tools essential for the realization of the animal powered no-till seeder  
 « Super Éco »

**Tabela 14.** Equipamentos indispensáveis à construção da semeadura direta Super Éco (SDCVP-eco).

N°	Equipement indispensable	Emploi dans le processus de fabrication
01	Poste soudure à l'arc	Souder pour assembler les parties fixes du semoir sans utilisation de boulons
02	Meule à main	Couper et meuler les métaux
03	Scies à métaux à main	Couper les métaux
04	Perceuses/chignoles	Percer des trous de différents diamètres sur les différentes parties du semoir à boulonner
05	Enclumes/Tampon	Support de travail pour façonner les pièces du semoir
06	Soufflet/Forge	Chauffer le fer pour faciliter le pliage, le perçage, le dressage et le redressage
07	Etau	Support de travail pour maintenir fixes les pièces à travailler
08	Cintreuse	Cintrage des métaux sur les mancherons et le cadre du semoir
09	Nime	Retirer les fers à forger au niveau du feu du Soufflet/Forge
10	Marteau 5 kg	Redresser les métaux et réaliser les formes ou le cintrage souhaité sur les métaux chauffés
11	Brin	Couper le métal en l'absence de cisaille ou de la meule à main
12	Pieds à coulisse	Mesurer précisément les dimensions des pièces de petites dimensions.
13	Lime rectangle	Limer le métal afin de réduire son épaisseur ou pour enlever les parties tranchantes ou bavures, etc.
14	Mèche de perçage 10	Percer un trou de diamètre 10 mm pour un boulon de 10
15	Electrode ou baguette	Relié au poste de soudure à l'arc ; produit le liquide de fusion de haute température assurant la fixation entre les parties à souder après refroidissement
16	Clé 10	Fixer les boulons M6 reliant la trémie et le fond de carter
17	Clé 13	Fixer les boulons M8 sur le cadre
18	Clé 17	Fixer les boulons M10 reliant l'axe principal aux roues avant
19	Clé 19	Fixer le boulon M12 utilisé comme axe de la roue plumbeuse

Les échanges avec l'artisan ont abouti à des propositions d'amélioration du plan du prototype, et donc à quelques modifications du cahier des charges : i) renforcer le

châssis du semoir pour résister aux sollicitations, aux obstacles et aux chocs dus à la présence de résidus de récolte, de souches et pierres qui peuvent déformer le châssis, ii) changer les roues plumbeuses du semoir Super Éco par des roues plumbeuses lestées et montées à l'extérieur. En effet, les roues plumbeuses du semoir Super Éco sont conçues pour tasser le sol et pas pour fermer le sillon du soc semeur ; avec l'élimination des rasettes, les roues plumbeuses doivent tasser le sol et fermer le sillon du soc semeur.

7.3.4. Les modifications suivantes ont été faites au cahier des charges

- **Semoir doit être conçu à partir du bâti du semoir Super Éco très utilisé au Sénégal et être suffisamment rigide pour supporter les efforts demandés pour les semis dans une couverture végétale ;**

Le bâti du semoir a été renforcé par un fer plat 30 x 10 au lieu du fer plat 30 x 8 et rehaussé en remplaçant les roues motrices de 40 cm de diamètre par des roues de 50 cm de diamètre en fer plat de 40 x 6 afin d'éviter les obstacles (couverture vivante ou morte, débris etc...). Mais augmenter la hauteur des roues du semoir qui entraînent le système de distribution se traduit par une réduction des densités de semis. De nouveaux disques semeurs ont été fabriqués pour obtenir les densités de graines recommandées avec l'utilisation de la nouvelle roue motrice.

- **Semoir doit pouvoir semer directement sur un sol avec une couverture végétale, c'est-à-dire qu'il doit couper la couverture végétale pour permettre le passage du soc semeur et ensuite fermer la ligne de semis pour recouvrir les semences ;**

Un disque coupeur crénelé en tôle 2 acier de diamètre 28 cm a été fixé à l'avant train du semoir grâce à une fourche en fer plat de 30 x 6 permettant de couper les débris et d'ouvrir le sillon facilitant le travail du soc semeur.

Le soc semeur a été renforcé par une tôle 4 plus forte et plus rigide que celle du semoir Super Éco (tôle 2) et qui est capable de résister aux chocs et aux déformations avec une extrémité en forme de bec permettant d'attaquer et de pénétrer facilement le sol sous couverture végétale.

La configuration de la roue plumbeuse lestée de 5 kg montée de l'extérieur vers l'intérieur en forme de V remplit aussi la fonction des rasettes. Elles assurent ainsi la fermeture du sillon de semis, et tasse la terre sur et autour du sillon de semis.

- **Semoir doit demander des efforts de traction compatibles avec ceux des animaux de trait disponibles**

L'élimination des rasettes diminue l'effort de pénétration en profondeur du sol et réduit la puissance de traction nécessaire pour tirer le semoir.

- **Semoir doit pouvoir être fabriqué et assemblé dans les ateliers des artisans locaux pour la majorité des pièces et accessoires ;**

Le mécanisme de distribution du semoir Super Éco a été adopté à l'exception de la boîte (carter, fond de carter et plateau) qui a été conçu de manière artisanale (figure 58). Le disque distributeur, bloqué en position sur le plateau par deux ergots, un ressort et un écrou molleté, entraîne dans son mouvement rotatif les graines vers la lumière de sortie, où elles sont éjectées dans la goulotte de descente par un éjecteur fixé sur la cloison.

**Figure 58.** Mécanisme de distribution de la boîte artisanale (plateau 1e position, fond de carter 2e position, carter à droite 3e position et pignon 8 dents 4e position))

**Figure 58.** Mechanism of distribution of the craft box (plate 1st position, bottom of crankcase 2nd position, crankcase on the right 3rd position and sprocket 8 teeth 4th position)

**Figura 58.** Mecanismos de distribuição da caixa artesanal: prato, base, acionamento e pinhão de 8 dentes.



### 7.3.5. Détermination du coût réel de production du semoir SDCVP-éco

Le coût de production, de 205 000 Fcfa environ toute taxe comprise (TTC) (voir détail annexe 9), se décompose comme suit : matière première (79%), fonctionnement de l'atelier (14%), main d'œuvre (7%).

### 7.3.6. Les essais de performances du prototype sur le terrain

Le cheval utilisé pour les essais d'effort de traction a un périmètre thoracique de 1,46 m et une taille au garrot de 1,42 m, soit un poids de 250 kg environ. Ce même cheval a été utilisé sur les tractions menées au niveau des traitements à *brachiaria* avec le semoir SDCVP-éco et au niveau du traitement sol labouré avec le semoir Super Éco.

Les résultats de l'ANOVA montrent qu'au niveau des traitements sous couvert comme sur le traitement sur sol labouré, les vitesses de traction se situent entre 3,31 km/h à 3,6 km/h et qu'elles ne présentent pas de différence significative entre les différents traitements. Cependant, la puissance de traction déployée au niveau des traitements sous couvert végétal est importante et se situe entre 700 à 800 watts. Tandis qu'au niveau du traitement sol labouré, la puissance est plus faible et a une valeur de 400 watts voir presque la moitié de la puissance déployée au niveau des traitements sous couvert végétal. D'où la présence des différences significatives observées entre les traitements sous couvert végétal et sur sol labouré (tableau 15).

Le traitement "labour-Super Éco" présente les valeurs de vitesse et de puissance les plus faibles. Cette différence est due à la couverture végétale de *brachiaria* et de mauvaises herbes sur les parcelles de semis direct, (annexe 12) nécessitant des forces de traction plus importantes.

**Tableau 15.** Résultats des essais de mesures de puissance de traction et de vitesse avec le semoir de semis direct sous couvert végétal permanent et un cheval selon les différents traitements

**Table 15.** Test results of tensile power and speed measurements with the animal powered no-till seeder and a horse according to the different treatments

**Tabela 15.** Dados de desempenho do protótipo SDCVP-éco, com velocidade, força e potência requerida em diferentes tratamentos.

Variables mesurées	RuzSDCVP-éco	DecuSDCVP-éco	BrizSDCVP-éco	Labour-Super éco
Vitesse (V) (km/h)	3,53 <sup>a</sup>	3,6 <sup>a</sup>	3,56 <sup>a</sup>	3,31 <sup>a</sup>
Valeur de P	<b>0.872</b>			
Force (F) (daN)	78,15 <sup>b</sup>	71,11 <sup>b</sup>	80,74 <sup>b</sup>	43,70 <sup>a</sup>
Valeur de P	<b>0.0001</b>			
Puissance (P) (Watt)	760 <sup>b</sup>	710 <sup>b</sup>	800 <sup>b</sup>	400 <sup>a</sup>
Valeur de P	<b>0.0005</b>			

Les traitements ayant la même lettre ne sont pas significativement différents selon le test de Tukey (p-value > 0,05).

Légende :

RuzSDCVP-éco : *Brachiaria ruziziensis* + Semoir Semis direct version Super Éco ;  
 DecuSDCVP-éco : *Brachiaria decumbens* + Semoir Semis direct version Super Éco ;  
 BrizSDCVP-éco : *Brachiaria brizantha* + Semoir Semis direct version Super Éco.

Le cheval utilisé sur le sol labouré déploie un effort de 43,7 daN compris entre 40 et 45 daN et sur les parcelles ayant un couvert végétal des efforts de 70 à 80 daN (annexe 12), nettement au-dessus des efforts de traction du cheval pour un travail continu.

## 7.4. DISCUSSION

### 7.4.1. Difficultés rencontrées par l'artisan dans la fabrication du semoir SDCVP-éco

Les difficultés rencontrés par l'artisan dans la fabrication du semoir SDCVP-éco, soulignées par Diop (2011), sont liées aux manques d'outillage de l'artisan pour la réalisation de certaines pièces : plaque de fond du carter, carter, pignon 8 dents, disque de commande 24 trous et ergot. L'artisan a sous-traité la fabrication du pignon 8 dents et du disque de commande 24 trous auprès d'artisans de Kaolack disposant de tour et de fraise.

Le carter et la plaque fond de carter sont réalisés manuellement avec des tôles par l'artisan, ce qui lui prend beaucoup de temps pour leur donner la forme voulue.

Utiliser l'aluminium aurait facilité la fabrication, mais les pièces auraient été plus fragiles. Pour la fabrication du carter, la difficulté est l'ajustement du pignon 8 dents avec le disque de commande 24 trous.

L'artisan doit acheter sur le marché l'ergot du semoir qui maintient la position du disque de distribution des semences sur le disque de commande 24 trous. Cet ergot fileté est réalisé à la fraise, machine que l'artisan ne possède pas. Le disque de distribution est fixé par un ressort et une vis en bronze.

#### 7.4.2. Réduire le coût de production du semoir SDCVP-éco

Le coût de fabrication artisanale du semoir SDCVP-éco (205000 Fcfa) est inférieur au coût du semoir super éco sorti de l'usine SISMAR (237000 Fcfa) (MAER, 2015) mais il est supérieur aux prix proposés par les artisans locaux du Sud du Bassin Arachidier (en moyenne  $95000 \pm 30000$  Fcfa) (annexe 13). Cette cherté du prix de vente du semoir SDCVP-éco par rapport au semoir Super Éco est due à la quantité de matière première et aux accessoires et pièces ajoutés et renforcés.

Son coût reste aussi inférieur à celui du semoir AFDI (300000 Fcfa) mais est supérieur au coût de fabrication du semoir/épandeur de semis direct de marque brésilienne (Fitarelli) (120000 Fcfa) (Sissoko et Autfray, 2007).

Notre hypothèse de travail était de proposer un semoir de semis direct à bas prix et accessible aux petits producteurs dont le coût de production est inférieur aux prix de vente des semoirs de semis direct existant dans certains pays de l'Afrique de l'Ouest comme le Burkina Faso et le Mali est validée.

En considérant les possibilités de subvention du semoir SDCVP-éco par l'Etat du Sénégal tout comme il a eu à le faire dans le cadre du Programme d'Equipements du Monde Rural sur les matériels de culture attelée produits par la SISMAR à hauteur de 70% (annexe 4) (MAER, 2015) ; cela a ramené le prix de cession du semoir super éco à 72000 Fcfa aux producteurs.

Par ailleurs, la réduction par l'Etat du Sénégal des taxes sur les matières premières tels que les fers et les tôles permettra aux fabricants de réduire leurs coûts de production du semoir SDCVP-éco afin de le rendre plus accessible aux producteurs. Ce débat sur les taxes sur le matériel agricole, le fer, les minerais, etc. date de plus de trente ans (Mbengue, 1989) : en 1986, les pièces détachées de machines agricoles étaient taxées à 78% et les carburants et lubrifiants à 94%. Aujourd'hui les taxes de certaines matières premières ont

baissé pour atteindre des taux de 26.58 % à 44,28% (annexe 8) (DGD, 2016). Des mesures de suppression des taxes sur les matériels agricoles ont été évoquées lors d'un conseil ministériel tenu au mois de décembre 2012 par le chef de l'Etat (Sarr, 2013).

#### 7.4.3. Comportement et adaptation du semoir SDCVP-éco sur couverture végétale

Les essais de traction ont montré que le semoir SDCVP-éco peut travailler sur un sol de couverture végétale vivante peu développée. En effet, dans les parcelles où la couverture végétale vivante de *Brachiarias* était haute et dense, les efforts de traction enregistrés étaient très élevés entraînant le bourrage du semoir SDCVP-éco. Dans ces parcelles, il y a eu des poquets manquants réduisant ainsi la densité de semis.

Le semoir SDCVP-éco conçu à l'image du semoir Super Éco peut réaliser le semis direct sous couvert végétal si ce couvert est peu développé. D'autres alternatives peuvent être testées, c'est-à-dire réaliser un semis sur du couvert végétal mort après le passage d'un rouleau ou vivant juste après la levée à une hauteur de 10 cm ou après le passage de la rouleuse lestée avec le bon poids pour couper et aplatir la végétation.

#### 7.5. CONCLUSION

La collaboration entre l'ISRA et un artisan a permis de fabriquer avec les matériaux disponibles localement un prototype de semoir de semis direct à partir du semoir Super-Éco (SDCVP-éco). Ce semoir satisfait aux principaux points du cahier des charges, mais il ne peut être ni tiré par le cheval et ni par l'âne. Cependant, il peut être utilisé avec une paire de bœufs et que son utilisation n'est possible que sur un couvert végétal peu développé et aplati (dix jours maximum après la levée). Il est à noter que son coût de production, bien qu'inférieur à certains semoirs de semis direct importés, s'avère encore trop élevé pour les agriculteurs du Bassin Arachidier. Des mesures incitatives (subventions, exonération de taxes) seront certainement nécessaires pour envisager sa diffusion.

La mise au point de ce semoir SDCVP-éco n'est pas terminée car il n'y a pas encore eu de fabrication d'une présérie, ni de suivis de semoirs SDCVP-éco utilisés par les agriculteurs, ni d'étude de sa fabrication par un industriel (la SISMAR par exemple). Il est aussi nécessaire de poursuivre les expérimentations sur les conditions de travail et en particulier le type et les caractéristiques de la couverture végétale permettant un

fonctionnement optimal du semoir, c'est-à-dire la régularité de la profondeur et de la densité de semis.

## **8. ARTICLE 5. TRAITS FONCTIONNELS DE TROIS ESPECES DE BRACHIARIA EN CLIMAT TROPICAL SEC : CONSEQUENCES SUR LEUR INTERET AGRONOMIQUE**

### **.RESUME**

Les sols de la zone centrale du Sénégal sont soumis à une forte dégradation principalement liée à l'érosion et aux faibles apports de matière organique. Le semis direct dans un couvert végétal de *brachiaria* a fait ces preuves dans d'autres pays. L'objectif de l'étude était de connaître localement les performances de trois espèces de *brachiaria* en particulier les caractéristiques de leurs systèmes racinaires pour l'accès à l'eau et la production de biomasse. Un essai en culture associé de mil et de *brachiaria* (*brizantha*, *ruzizensis* et *decumbens*) en dispositif de blocs randomisés de 4 traitements (mil seul, mil associé aux *brachiaris*) avec 3 répétitions a été conduit pendant deux ans dans la zone centre du Sénégal. Les biomasses des parties aériennes de mil et de *brachiaria* ont été évaluées par des méthodes conventionnelles. Deux méthodes d'étude des racines ont été utilisées : i) la mesure de la biomasse sèche par niveau de 10 cm de profondeur et (ii) la cartographie de la densité d'impacts racinaires sur des profils de sol à l'aide d'une grille, ce qui a permis d'estimer la densité de longueur volumique (LVR) et le taux potentiel d'extraction de l'eau du sol par les racines (PRER).

Les résultats ont montré que la *Brachiaria brizantha* a eu, en 1<sup>e</sup> année, des difficultés de germination mais a produit le plus de biomasse aérienne en 2<sup>e</sup> année. Les taux de survie pendant la saison sèche 2015-2016 ont été de 23,67% pour *brizantha* et 14% pour *decumbens* et proche de zéro pour *ruzizensis*.

Il n'y a pas eu des différences statistiques entre les rendements en grains du mil en 1<sup>e</sup> comme en 2<sup>e</sup> année mais les meilleurs résultats restent pour le mil en culture pure comparés à l'association mil et *brachiaria*. Ainsi, les rendements ont été pour le mil pur de 2247 kg/ha en 2015 contre 831 kg/ha en 2016 soit un écart de production de -63% ; pour *ruzizensis* de 1975 kg/ha en 2015 contre 831 kg/ha en 2016 soit un écart de production de -58% ; pour *decumbens* de 1983 kg/ha en 2015 contre 519 kg/ha en 2016 soit un écart de production de -48% ; pour *brizantha* de 2222 kg/ha en 2015 contre 658 kg/ha en 2016 soit un écart de production de -70%.

L'écart plus fort en seconde année a été dû à l'absence de rotation par une culture légumineuse en deuxième année sur le dispositif expérimental et à l'envahissement dès l'installation de l'essai par les *brachiarias* qui avaient survécu à la sécheresse de l'année 2015.

Entre 10 et 50 cm de sol, les meilleures densités racinaires (poids et longueurs) ont été obtenues avec le *Brachiaria brizantha* avec une production de 450 kg/ha. Il y a eu une amélioration de l'exploration racinaire du sol en profondeur entre 2015 et 2016. Ainsi, la longueur volumique racinaire et le taux d'exploration racinaire en profondeur entre 40 et 100 cm reste proche de celle de 2015 pour l'espèce *b. ruziziensis*. En revanche, l'exploration racinaire augmente notablement de près de 50 % par rapport à 2015 pour les deux autres espèces.

Du fait de son incapacité à survivre à la saison sèche, le *Brachiaria ruziziensis* ne peut pas être utilisé comme plante de service pour lutter contre l'érosion hydrique due en début de saison des pluies. Les *Brachiarias brizantha* et *decumbens* ont été plus performantes de ce point de vue. Ils ont des productions aériennes et souterraines proches mais *brizantha* paraît avoir des difficultés de germination.

L'espèce *b. decumbens* paraît donc, parmi les trois espèces étudiées, celle qui est la plus intéressante comme plante de service dans les conditions locales. L'utilisation d'une espèce adaptée de *brachiaria* comme plante de service en association avec le mil paraît donc pouvoir contribuer à la lutte contre l'érosion hydrique et au maintien de la teneur en carbone du sol. Le système racinaire paraît jouer un rôle important car il permet à *brachiaria* de supporter au moins en partie la longue saison sèche et il apporte aussi chaque année une biomasse incorporée naturellement au sol sans aucun travail du sol.

**Mots-clés** : association culturale, plante de service, taux d'exploration racinaire, zone tropicale sèche

## FUNCTIONAL TRAITS OF THREE SPECIES OF BRACHIARIA IN A DRY TROPICAL CLIMATE. CONSEQUENCES ON THEIR AGRONOMIC INTEREST

### ABSTRACT

The soils in Senegal's central zone are subject to severe degradation, mainly due to erosion and low levels of organic matter. Direct seeding in a vegetal cover of *brachiaria* has been proven in other countries. The objective of the study was to know locally the performance of three *Brachiaria* species, in particular the characteristics of their root systems for access to water and biomass production, an associated culture test of millet and *brachiaria*. (*brizantha*, *ruziziensis* and *decumbens*) as a randomized block device of 4 treatments (millet alone, millet associated with *brachiarias*) with 3 repetitions was conducted for two years in the central zone of Senegal.

The aerial biomass parts of *brachiaria* and millet were evaluated by conventional methods. Two methods of root research were used: i) measuring dry biomass at each 10 cm level of soil depth and (ii) mapping root impact density on soil profiles with the help of a grid, which made it possible to estimate the root length density (RLD) and the potential root extraction ratio of soil water by the roots (PRER).

The results showed that *Brachiaria brizantha* had, during the first year, a difficulty for germination but he produced the most aerial biomass in the second year. The survival rates of *brachiaria* during the dry season 2015-2016 were 23.67% for *brizantha* and 14% for *decumbens* and close to zero for *ruziziensis*.

There were no statistical differences between millet grain yields in 1st and 2nd year, but the best results remain for millet in pure culture compared to millet associated with *brachiaria*. Thus, the yields for millet in pure culture were 2247 kg / ha in 2015 against 831 kg / ha in 2016 that means there is a production gap of -63%; the yields for millet associated to *ruziziensis* were 1975 kg / ha in 2015 against 831 kg / ha in 2016 that means there is a production gap of -58% ; the yields for millet associated to *decumbens* were 1983 kg / ha in 2015 against 519 kg / ha in 2016 that means there is a production gap of -48% and the yields for millet associated to *brizantha* were 2222 kg / ha in 2015 against 658 kg / ha in 2016, that means there is a production gap of -70%.

The largest difference in the second year was due to the lack of legume crop rotation on the experimental design in the second-year and by the invasion of *brachiarias* which had survived in the dry season of 2015.

Between 10 and 50 cm of soil depth, the best root densities (weights and lengths) were obtained with the *brizantha* species with a production of 450 kg / ha. There has been an improvement of the potential root extraction ratio in the soil depth between 2015 and 2016. Thus, the root length density and the potential root extraction ration between 40 and 100 cm remains close to the datas getting in 2015 for the species *b. ruziziensis*. On the other hand, he potential root extraction ration increases by almost 50% compared to 2015 for the other two species.

Due to its inability to survive the dry season, *Brachiaria ruziziensis* can't be used as a service plant to control water erosion due to the starting point of the rainy season. *Brachiaris brizantha* and *decumbens* were more successful from this point of view. They have close aerial and root biomass productions but *brizantha* seems to have germination difficulty.

The species *b. decumbens* thus appears, among the three species studied, that which is the most interesting as a service plant under local conditions. The use of an adapted species of *brachiaria* as a service plant in association with millet thus appears to be able to contribute to the control of water erosion and to the maintenance of the soil by producing carbon content. The root system seems to play an important role because it allows *brachiaria* to support at least part of the long dry season and it also brings each year a biomass naturally incorporated in the soil without any tillage.

**Keywords:** cultural association, dry tropical zone, potential root extraction ratio, service plant

## 8.1. INTRODUCTION

Le Sénégal, en particulier sa zone centrale est soumise à de forts risques de ruissellement de l'ordre de 30 % des cumuls pluviométriques annuels (Perez *et al.*, 1996). Le risque d'érosion liée à l'agressivité des pluies et au sol est très élevé avec un indice de dégradation spécifique d'environ à 1700 tonnes/km<sup>2</sup>/an (Charreau et Nicou, 1971 ; Perez *et al.*, 1996). Les sols sont pauvres en matière organique et c'est une zone où l'élevage est important avec des problèmes d'approvisionnement en fourrages. Des travaux menés dans d'autres régions tropicales ont montré l'intérêt de l'introduction du *brachiaria* dans les systèmes de culture en tant que plantes de service (APDC<sup>50</sup>, 2001 ; Bernardes, 2003 ; Torres, 2003 ; Andrioli, 2004 ; Pereira, 2006 ; Timossi *et al.*, 2007 ; Fert et Afditouraine, 2014). Il semble avoir un intérêt potentiel dans la région centre du Sénégal pour ses rôles sur l'érosion, sur la teneur en matière organique du sol et comme source de fourrage mais très peu d'études sur *brachiaria* ont été menées, au Sénégal ou dans les pays à climat proches d'Afrique de l'Ouest (Morou et Rippstein, 2004 cité par Camara, 2007). Dans ces pays, la saison sèche est très marquée et longue avec souvent 8 mois sans pluie. Or dans les pays où le *brachiaria* a montré son intérêt, au Brésil en particulier (Brunet et Brossard, 2000), la pluviosité est mieux répartie dans l'année. Il n'est donc pas possible d'utiliser directement les résultats de l'étranger pour la mise au point au Sénégal de systèmes de culture performant avec *brachiaria*. Cette culture doit, de préférence être implantée pour plusieurs années (Brunet et Brossard, 2000 ; Husson *et al.*, 2008). Elle doit donc supporter la longue saison sèche entre deux saisons des pluies. Le fait qu'elle soit encore vivante en début de saison des pluies serait d'ailleurs un atout pour la lutte contre l'érosion car au Sénégal les phénomènes d'érosion surviennent souvent en début de saison des pluies quand le sol est nu (Charreau et Nicou, 1971). Pour supporter la saison sèche, le *brachiaria* doit avoir un système racinaire lui permettant d'accéder aux réserves hydriques situées en profondeur dans le sol.

Cette étude a donc pour objectif de mieux connaître, localement : (i) les performances de trois espèces de *brachiaria*, (ii) les caractéristiques de leur système racinaire pour l'accès à l'eau et (iii) la production de biomasse racinaire en vue d'un enrichissement du sol en carbone.

On portera une attention particulière au système racinaire du *brachiaria* car il a été peu étudié et qu'il a une grande importance dans le milieu étudié à longue saison

---

<sup>50</sup> APDC : Associação de Plantio Direto no Cerrado

sèche pendant laquelle le système racinaire doit utiliser l'eau en profondeur et où la biomasse des racines de *brachiaria* peut avoir un effet notable sur le stock organique du sol.

Il a été décidé d'étudier les traits fonctionnels du *brachiaria* dans un dispositif où il est cultivé en association avec le mil, principale culture vivrière de la zone. Cela a un peu complexifié le dispositif et l'analyse des résultats mais a permis de se rapprocher des conditions d'utilisation potentielle du *brachiaria* dans les systèmes de culture locaux.

Les traits fonctionnels étudiés doivent permettre de mesurer l'intérêt ou non de l'insertion du *brachiaria* dans les systèmes de culture du Sénégal et, si oui, de repérer, l'espèce de *brachiaria* la mieux adaptée aux contraintes locales de sol et de climat et de systèmes de culture.

## 8.2. MATERIELS ET METHODES

### 8.2.1. Dispositif expérimental et traitements agronomiques testés

L'essai a été conduit sur la station de recherche de l'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles de Nioro du Rip (14°10' et 14°20' de latitude Nord et d'autre part entre 15°05' et 15°20' de longitude Ouest). Le site de Nioro du Rip est situé en zone soudano-sahélienne, entre les isohyètes 700 et 1000 mm (Bayala *et al.*, 2009). Le climat de cette zone se caractérise par une courte saison des pluies de trois à quatre mois et une longue saison sèche de 8 à 9 mois. Dans cette zone, les premières pluies sont enregistrées à partir de fin mai et elles se terminent vers la fin du mois d'octobre en général et dès fois quelques rares pluies parasites sont aussi enregistrées dans la première décade du mois de novembre. Les sols de la station de Nioro du Rip se caractérisent par texture sableuse, structure massive, pH acide (compris entre 5 et 5,2), faible teneur en carbone total (3,27% en moyenne) et faible capacité d'échange cationique (1,15 à 1,34 meq/100g de sol) (Noba, 2002 cité par Bassène, 2012). Ce sont des sols pauvres en azote total (0,14% à 0,21%) et phosphore assimilable (20,6 ppm à 27,5 ppm) (Noba, 2002 cité par Bassène, 2012).

### 8.2.2. Traitements et matériel végétal utilisé de *brachiaria* et mil

On a quatre traitements, trois avec une association de *brachiaria* et du mil (Thialack 2) et un témoin avec mil seul :

T0 = Thialack 2

B1 = *Ruziziensis* + Thialack 2

B2 = *Decumbens* + Thialack 2

B3 = *Brizantha* + Thialack 2

#### 8.2.2.1. Les espèces de *brachiaria* utilisées

Des différences morphologiques existent entre ces trois espèces de *brachiaria*. En effet, *Brachiaria ruziziensis*, semi érigée à rampante, se développe en touffe et peut avoir des hauteurs de 1 à 1,5 m. Son système racinaire fasciculé peut se développer jusqu'à 1,8 m de profondeur et peut produire 25 t/ha de biomasse aérienne dans les meilleures conditions de fertilisation. Tandis que *Brachiaria brizantha* et *Brachiaria decumbens* sont des graminées, semi-érigées à érigées. *Brachiaria brizantha* est très étroitement apparentée à *Brachiaria decumbens* et il peut être très difficile de les différencier. C'est pourquoi, la principale variété de *Brachiaria decumbens* (cv. Basilisk) très largement répandue dans le monde a même été reclassée comme une espèce de *Brachiaria brizantha* récemment (Husson *et al.*, 2008).

Le *Brachiaria brizantha* se développe plus en touffes comparé au *Brachiaria decumbens* qui s'étale plus et forme une couverture plus dense. Ils se développent en larges touffes (1 m à 1,5 m de haut et jusqu'à 2 m pour *brachiaria brizantha*) qui s'étalent si la plante n'est pas coupée (Husson *et al.*, 2008). Les deux espèces ont un système racinaire fasciculé composé de très nombreuses racines, denses et capables de se développer en profondeur (plus de 1,8 m à 2 m, les racines de *Brachiaria decumbens* étant plus fines et plus longues que celles de *Brachiaria brizantha*). Elles présentent de petits rhizomes.

La production de matière sèche aérienne est de manière générale plus élevée que celle de *Brachiaria ruziziensis*, pouvant varier (en fonction de la fertilité et du climat) de 6-8 tonnes de matière sèche par hectare à plus de 25 t/ha (*Brachiaria brizantha*) jusqu'à 30 t/ha (*Brachiaria decumbens*) dans les meilleurs situations. Elle chute durant les périodes froides et/ou sèches (Husson *et al.*, 2008).

#### 8.2.2.2. La variété de mil utilisée

La variété de mil cultivée dans l'essai est le thialack 2. Elle a un cycle de maturation de 95 jours (MAER, 2012). Elle est adaptée aux zones agro-écologiques du Sénégal dont de pluviométries moyennes comprises entre 600 à 800 mm et elle s'adapte sur tous les types de sol. Elle est actuellement utilisée par les agriculteurs dans le Centre du Bassin Arachidier.

### 8.2.3. Dispositif expérimental

Il s'agit d'un dispositif en bloc complètement randomisé de 12 parcelles élémentaires de 10 m de côté soit 100 m<sup>2</sup> chacune, dans lequel avec trois répétitions de chacun des quatre traitements.

Dans les parcelles témoin en culture pure de mil celui-ci est semé en poquets espacés de 0.9 m x 0.9 m. Dans les parcelles en culture associée (mil+ *brachiaria*) le mil est implanté avec la même densité de 0.9 m x 0.9 m et le *brachiaria* est semé à la même densité que le mil (0.9 m x 0.9 m) à une position située à égale distance de deux poquets de mil. La distance entre un poquet de mil et une touffe de *brachiaria* est donc de 0.45 m.

Des prélèvements d'échantillons de sol ont été effectués sur le dispositif à trois niveaux d'horizon (0-10 cm ; 10-20 cm ; et 20-40 cm) avant l'installation de l'essai et en seconde année de culture. Les sondages ont eu lieu sur chaque parcelle de la répétition 1 regroupés en un échantillon composite des 4 traitements de cette répétition. Les analyses ont porté sur la granulométrie, les bases échangeables, le pH, le rapport carbone et azote du sol du site de l'essai. Les résultats figurent dans l'annexe 14.

### 8.2.4. Pratiques culturales du mil et du *brachiaria*

#### 8.2.4.1. Itinéraire technique du mil

L'itinéraire technique du mil est le même en culture pure (témoin) et en culture associée en première année (2015/2016) tout comme en deuxième année (2016/2017) : même date de semis, mêmes dates de sarclage, mêmes doses d'engrais, etc...

En 2015 et 2016, la préparation du terrain a consisté en un grattage pour les parcelles témoins avec la houe sine et à laisser en 2016 la couverture végétale (les *brachiarias* et les mauvaises herbes) pour les parcelles de semis direct sous couvert végétal.

L'engrais de fond (NPK) de forme 15-15-15 a été apporté chaque année en une seule dose de 150 Kg/ha en début de culture tandis que l'azote complémentaire l'urée a été apporté en deux tranches de 50 kg/ha d'urée épandues en premier lieu au moment du démariage et en second lieu en phase de montaison. Le semis a eu lieu après une pluie le 10 juillet 2015 en première année et le 22 juillet 2016 en seconde année. La culture a été strictement pluviale sans irrigation.

Sur les parcelles témoin sans *brachiaria*, les mauvaises herbes ont été maîtrisées par un sarclage mécanique et deux sarclages manuels.

La récolte du mil a été effectuée le 10 octobre 2015 en première année et le 24 octobre 2016.

#### 8.2.4.2. Itinéraires technique du *brachiaria*

En 2015, le semis du *brachiaria* a eu lieu en même temps que celui du mil. Pendant la longue saison sèche 2015-2016 le *brachiaria ruziziensis* n'a pas survécu à la sécheresse des 8 mois. Elle a dû être entièrement réimplantée par semis et repiquage.

Les *Brachiarias decumbens* et *brizantha* ont mieux résisté à la sécheresse et ils se sont en grande partie maintenus et n'ont eu besoin que de repiquages ponctuels aux endroits où les pieds avaient disparu.

Pendant la saison des pluies 2016, il a été procédé à des coupes du *brachiaria* quand la biomasse devenait trop envahissante et gênait la croissance du mil. Il s'agit en particulier des *Brachiarias decumbens* et *brizantha*. Les coupes ont eu lieu le 23/08 et le 07/09 pour *brizantha* et le 07/09 pour *decumbens*. La biomasse coupée a été pesée puis remise sur le sol de la même parcelle. Il y avait donc à la fois une couverture vivante et morte de *brachiaria*.

#### 8.2.5. Mesures de biomasses aériennes de *brachiaria* et du mil

Des mesures biomasses aériennes de *brachiaria* et de mil ont été effectuées en première comme en seconde année d'étude.

##### 8.2.5.1. Mesure des biomasses aériennes de *brachiaria*

Les mesures ont eu lieu aux stades 30, 40, 50, 65, 80 et 90 jours après semis. Quatre plants ont été prélevés sur chacune des parcelles. On a d'abord mesuré la biomasse fraîche dans le champ puis la biomasse sèche après séchage à l'étuve (72 h à 60°C) d'un échantillon représentatif. La biomasse mesurée a été replacée sur la même parcelle.

##### 8.2.5.2. Mesure du rendement du mil pour les campagnes 2015/2016 et 2016/2017

Un carré de rendement de 4,5 m x 4,5 m, situé au centre de la parcelle a été délimité à la mise en place de l'essai. On a mesuré le poids des épis en frais puis après 6 jours de séchage à l'air libre et enfin de poids des grains après égrenage.

### 8.2.6. Etudes des racines

Des mesures racinaires ont été effectuées suivant deux méthodes :

(i) comptage de racines sur des profils de sol pour l'étude des densités de longueur racinaire et la répartition des racines dans le profil ;

(ii) prélèvement de sol pour études des biomasses racinaires.

Les mesures racinaires ont été réalisées en début de saison sèche à la fin du mois de novembre 2015 pour la première année et début décembre 2016 pour la seconde année, quand toutes les espèces de *brachiaria* étaient encore en pleine croissance et plus d'un mois après la récolte du mil.

#### 8.2.6.1. Profil racinaires à partir de comptages de racines sur un profil de sol

En 2015 et en 2016 les mesures ont été faites sur les 3 espèces de *brachiaria* : *ruziziensis*, *decumbens* et *brizantha* et sur trois répétitions. En 2015 la profondeur de mesure était de 1 mètre et la largeur de mesure de 1 mètre, En 2016, la largeur de mesure était la même (1m) mais la profondeur était de 1,5 mètre.

##### 8.2.6.1.1. Principe de la méthode : comptages d'impacts racinaires sur un profil de sol

La méthodologie a consisté à décrire le nombre d'impact de racines apparaissant sur la face d'un profil de sol à l'aide d'une grille à maille de 10 cm, suivant la méthodologie décrite par Chopart (Chopart 1999, Chopart and Siband 1999, Chopart 2004, Chopart *et al.*, 2008).

La différence par rapport à la méthode de référence est que le nombre de racines d'une maille a été noté sur le terrain non pas sous la forme du total des racines, mais par classe de nombre de racines avec une note de 0 à 7 en fonction du nombre de racines dans la maille. Les notations du nombre d'impact ont été effectuées par le même opérateur en 2015 comme en 2016.

Pour calculer les densités de longueurs racinaire, une valeur numérique de nombre d'impacts (NI) a ensuite été attribuée. Cette valeur correspond à la valeur centrale de chaque classe. Les comptages de racines ne permettent pas de différencier facilement les racines de *brachiaria* et les racines de mil. Cependant les mesures racinaires ont été faites en 2015 comme en 2016 un mois et demi après la récolte du mil. Or, chez le mil le système racinaire commence à se réduire à la floraison et au stade maturité une partie des racines sont mortes (Chopart, 1983). On peut donc considérer que, un mois et demi après la récolte les

racines fines de mil ont disparu. Il restait grosses racines (nodales) mais celles-ci ne représentent qu'une faible part de la longueur des racines (environ 10%).

8.2.6.1.2. Estimation de la longueur volumique racinaire (LVR) et du taux d'exploration du sol (TE) à partir des nombres d'impact par maille (NI)

8.2.6.1.2.1. Densité de longueur volumique

La densité de longueur volumique (LVR ou RLD en anglais) est calculée suivant un modèle de passage des impacts de racines sur un profil de sol (NI) à la longueur (LVR). Ce modèle est normalement spécifique à chaque espèce. Des détails sur les principes et la théorie de cette approche géométrique et architecturale sont disponibles dans plusieurs documents (Chopart 1999, Chopart and Siband, 1999 ; Chopart *et al.*, 2008). En simplifiant la LVR est estimée à partir de NI et de coefficients:

$$LVR = NI * (CO * CE)$$

CO (coefficient d'orientation) lié à l'orientation des racines par rapport au plan d'observation, CE (coefficient expérimental) lié à la morphologie racinaire.

Les valeurs des coefficients de passage des impacts à la longueur (CO\*CE) ont été étudiées sur plusieurs cultures maïs (Chopart et Siband 1999), sorgho (Chopart *et al.*, 2008), riz (Dusserre *et al.*, 2009) et canne à sucre (Chopart *et al.*, 2008), sont variables d'une culture à l'autre mais leur valeur s'inscrit entre un minimum de 2 et un maximum de 5 avec une moyenne proche de 3. A défaut de disposer pour le moment, d'un modèle validé de passage des impacts à la longueur pour le *brachiaria*, on a tenu compte des modèles obtenus sur d'autres cultures tropicales de type herbacées obtenus au Sénégal ou sur des sols tropicaux proches de ceux du Sénégal, cités plus haut, pour retenir la valeur de : CO\*CE =3

Donc pour le *brachiaria* :

$$LVR = NI * 3 \quad (1)$$

8.2.6.1.2.2. Distances entre les racines

A partir de la densité de longueur racinaire (LVR), on peut inférer le concept de distance moyenne entre les racines (EMR), suivant différents le modèle suivant (Newman, 1966) :

$$EMR = 1.13 / RLD^{0.5} \quad (2)$$

Il s'agit là, bien sûr, d'une représentation simplifiée de la réalité qui suppose que les racines sont équidistantes les unes des autres dans le petit volume considéré de 1 dm d'arête.

#### 8.2.6.1.2.3. Estimation du taux d'exploration du sol (PRER : Potential Root Extraction Ratio)

Les études et modèles d'accès de l'eau et des éléments minéraux se limitent souvent au fonctionnement d'une racine isolée, sans interaction avec les autres racines (Gardner, 1960, 1964). Pour modéliser le fonctionnement du système racinaire, il faut disposer de variables plus difficiles à appréhender à l'échelle d'un peuplement végétal. Ainsi Molz et Remson (1979), parmi d'autres, font dépendre l'extraction racinaire de l'eau de la conductivité hydraulique dans chaque horizon, en plus de la densité de longueurs racinaires et de la demande évapotranspirative. Par ailleurs, ces modèles macroscopiques ne tiennent pas ou mal compte de la variabilité spatiale de la distribution racinaire.

Ces modèles mécanistes se situent, pour l'instant, à un niveau de perception différent de celui des études actuelles sur le fonctionnement hydrique de la parcelle cultivée. C'est pourquoi, on a utilisé ici un modèle simple d'estimation du volume de sol potentiellement apte à participer à l'extraction racinaire de l'eau et des éléments nutritifs, en utilisant des variables disponibles (distances moyennes entre racines à l'échelle de la maille de mesure). Ce modèle PRER a été décrit par ailleurs (Chopart, 1999 ; Chopart, 2004 ; Leifi *et al.*, 2011 ; Chopart *et al.*, 2012). On ne fera ici que rappeler ses bases.

Dans cette approche, on estime que l'approvisionnement de la racine en eau ou en nutriment aboutit à un gradient de concentration, créé par l'assèchement local pour l'eau ou pour le nutriment, par l'absorption préférentielle de l'élément par rapport à l'eau. Un profil d'appauvrissement de la fraction disponible tend à s'établir autour de la racine, depuis le rhizoplan jusqu'à une distance où les échanges entre le sol et la racine deviennent négligeables et la concentration reste celle du sol, non influencée par la présence des racines. Au bout d'un certain temps d'extraction racinaire de l'eau, le profil de teneur en eau dans le sol autour de la racine devient stable. La racine a alors épuisé toute l'eau utile (ou la totalité de l'élément assimilable) de son environnement.

La distance maximale de migration de l'élément considéré peut être tirée de la littérature, avec des valeurs moyennes de l'ordre de 1 à 2 mm pour le phosphore (Blanchet *et al.*, a, b, 1974), de l'ordre du cm pour le potassium (Blanchet *et al.* a,b, 1974) et de l'ordre de quelques cm pour l'eau (Blanchet *et al.* a,b, 1974). Ceci permet de calculer, à l'échelle de la maille de mesure, puis par agrégation à l'échelle du profil, le taux d'exploration racinaire

pour un élément donné. On peut alors comparer des systèmes racinaires non plus seulement à partir de variables descriptives comme la longueur des racines, mais en utilisant le volume de sol réellement utilisable pour l'extraction racinaire de l'eau ou de tel ou tel nutriment. Dans la présente étude on a retenu une valeur de distance maximale de migration de l'eau de 5 cm autour d'une racine donc :  $R = 5 \text{ cm}$

On ne cherche donc pas, ici, à simuler la dynamique d'appauvrissement, mais seulement l'état stable final dans le cas où toutes les ressources disponibles sont mobilisées par le système racinaire. Le PRER est le rapport entre le volume de sol utile ( $V_u$ ) et le volume total de sol correspondant ( $V_t$ )

$$\text{PRER} = V_u/V_t \quad (3)$$

Ce modèle, pour pouvoir prendre en compte la variabilité de distribution racinaire, doit d'abord fonctionner au niveau de chaque unité de profil étudié (carré de comptage des racines de 5x5 cm ou 10x10 cm). Le PRER doit lui aussi être calculé pour chaque unité d'observation in situ. Ceci nécessite de très nombreux calculs. Un logiciel appelé RACINES a été mis au point pour cela dès les années 1990 (Chopart et Siband, 1999). La version la plus récente est RACINE2.1 (Chopart et al., 2014). L'outil calcule automatiquement, pour chacune des unités de base et suivant les modèles présentés précédemment, les densités de longueurs racinaires (équation n° 1), les distances moyennes entre racines (équation. n° 2) et les taux d'exploration racinaire (équations n° 3) calculé avec une valeur de  $r$  choisie.

Le modèle PRER donnant le taux d'exploration racinaire du sol (PRER) peut être utilisé pour des comparaisons entre différents milieux, modes de gestion du sol ou de dynamiques d'exploration.

#### 8.2.6.2. Prélèvements globaux des trois espèces de *brachiaria*

##### 8.2.6.2.1. Principe de la méthode

La méthode des prélèvements globaux consiste à prélever des tranches de sol de quelques centimètres (10 cm) ou par horizons pédologiques, sur une surface de sol cultivé représentative de la densité de population de la culture étudiée. La profondeur d'étude peut être variable, aller si possible jusqu'au front racinaires. Cette méthode a été présentée pour la première fois aux Etats Unis en 1927 (Lee, 1927). La méthode a été utilisée pour la première fois au Sénégal par Chopart (Chopart, 1970) sur une culture de sorgho. Elle a ensuite été utilisée avec succès sur plusieurs cultures au Sénégal le mil, l'arachide, le riz pluvial (Chopart, 1985).

Dans cette étude les prélèvements racinaires globaux, qui représente un travail important ont être réalisés uniquement en première année fin 2015.

#### 8.2.6.2.2. Modalités de mise en œuvre et calculs

A la date 08/03/2015, un prélèvement global a été effectué afin de quantifier la biomasse racinaire de chacune des trois espèces de *brachiaria*. Les prélèvements ont été faits par tranche de 10 cm sur une surface de 0.9 cm x 0.45 cm contenant un pied de *brachiaria* en son centre. La terre prélevée a été passée au travers d'un tamis à maille de 1 millimètre, sous un jet d'eau. Les racines restant sur le tamis ont été séparées des débris organiques, puis séchées 24h à 60°C avant pesée.

Le poids sec des parties aériennes du pied étudié a également été mesuré après séchage. Le poids des racines par m<sup>2</sup> et par profondeur a été obtenu en calculant les biomasses sèches par m<sup>2</sup> à partir des surfaces de mesure (0.9 cm x 0.45 cm).

#### 8.2.7. Etude du taux de survie des *brachiarias* en saison sèche

Le taux de survie des *brachiarias* en saison sèche a été évalué en comptant le nombre de plants de *brachiaria* vivants ou morts sur chaque traitement sur chacune des trois répétitions à la fin de la saison des pluies puis en fin de saison sèche.

#### 8.2.8. Analyse des données statistiques

Le logiciel statistique SISVAR (Ferreira, 2000 cité par Dias, 2012) et le tableur Microsoft Office Excel 2013 ont été utilisés pour l'analyse de la variance et le test de Tukey pour établir les différences significatives entre les traitements au seuil de probabilité de 0,05.

### 8.3. RESULTATS

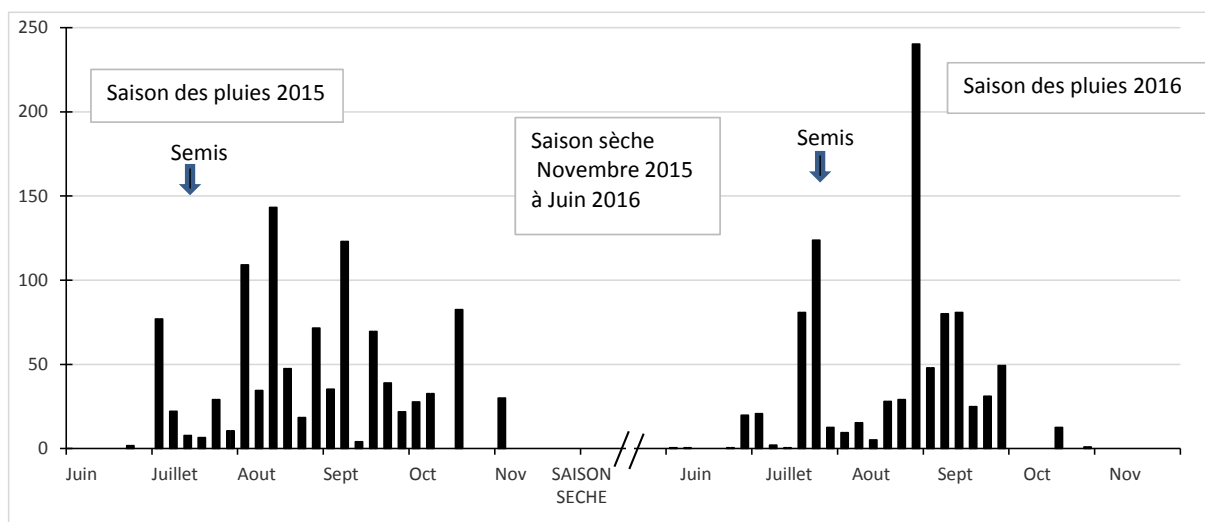
#### 8.3.1. Pluviosité pendant l'expérimentation

La pluviosité totale entre le 1 juillet et le 30 octobre a été de 1012 mm en 2015 et de 894 mm en 2016. La répartition a été meilleure en 2015 qu'en 2016 (Fig 59). En 2016, il y a eu une séquence très pluvieuse en début de saison des pluies avec 202 mm en 5 jours entre le 20 et le 24 juillet. Elle a été suivie d'une période à faible pluviosité entre le 25 juillet et le 21 août, avec seulement 72 mm en 28 jours. La pluviosité pendant les deux années de l'expérimentation a été globalement représentative de celle de la zone.

**Figure 59.** Répartition de la pluviosité sur le site expérimental en 2015 et 2016 et dates de semis. Les cumuls de pluie en mm) sont par périodes de 5 jours

**Figure 59.** Rainfall distribution at the experimental site in 2015 and 2016 and sowing dates. Rainfall total in mm are in 5-day periods.

**Figura 59.** Distribuição de precipitação no local experimental em 2015 e 2016 e nas datas de semeadura. Os totais de precipitação (em mm) correspondem a períodos de 5 dias.



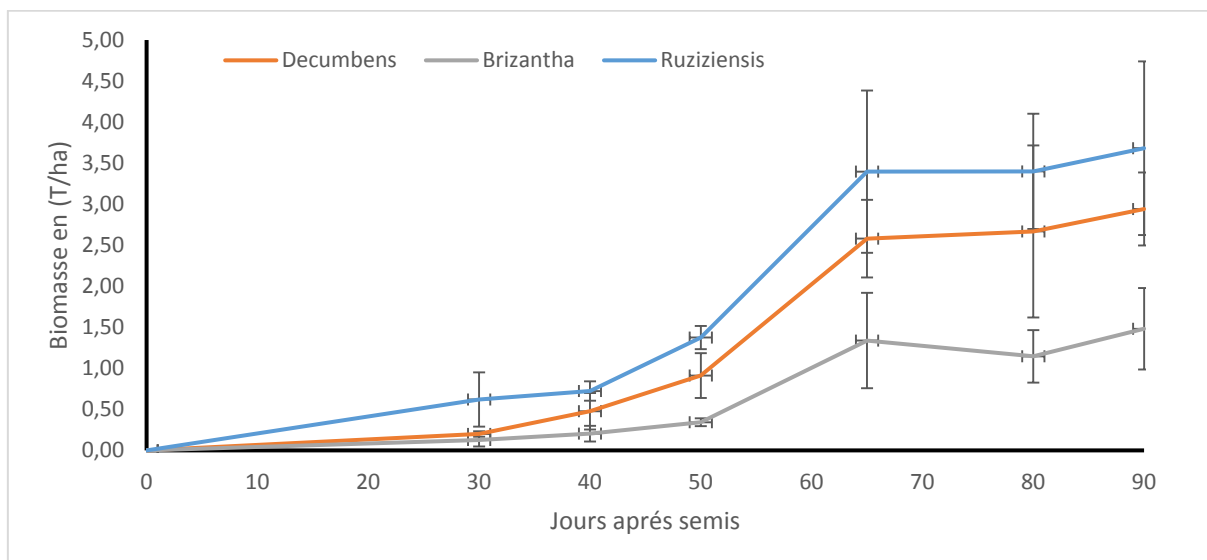
### 8.3.2. Parties aériennes de *brachiaria*

En première année, le taux de levée de *Brachiaria brizantha* a été faible (30%) par rapport à *B. ruziziensis* (80%) et *B. decumbens* (60%). C'est *B. ruziziensis* qui a eu le plus grand développement végétatif avec une biomasse proche de 4 t/ha/an (Fig. 60). Malheureusement *B. ruziziensis*, n'a pas survécu à la longue saison sèche et on a dû la réimplanter en début de la seconde année (Tab 16). Les *B. Decumbens* et *B. Brizantha* n'ont pas complètement disparu pendant la saison sèche; mais a quand même dû être réimplanté en partie en début de saison des pluies 2016 (Tab 16).

**Figure 60.** Biomasses sèches (t/ha) des trois espèces de *brachiarias* durant la saison des pluies 2015

**Figure 60.** Dry biomass (t / ha) of the three *brachiarias* species during the rainy season 2015

**Figura 60.** Biomassa seca (t. ha<sup>-1</sup> por corte) obtida nas diferentes espécies de *brachiarias* nas estações chuvosas de 2015.



**Tableau 16.** Densité de population et taux de survie des *brachiaria* en fin de saison sèche 2015-2016

**Table 16.** Population density and *brachiaria* survival rate at the end of the dry season 2015-2016

**Tabela 16.** Densidade populacional e taxa de sobrevivência de *brachiaria* no final da estação seca 2015-2016.

Espèces	2015		2016	
	Densité moyenne	Taux de survie moyenne	Densité moyenne	Taux de survie moyenne
Ruziziensis	2.96	92%	0.00	0%
Decumbens	2.55	80%	0.16	14%
Brizantha	2.67	83%	0.26	23.67%
p-valor	0.5325	0.5448	0.0007	0.0006
CV(%)	15	16	19	18

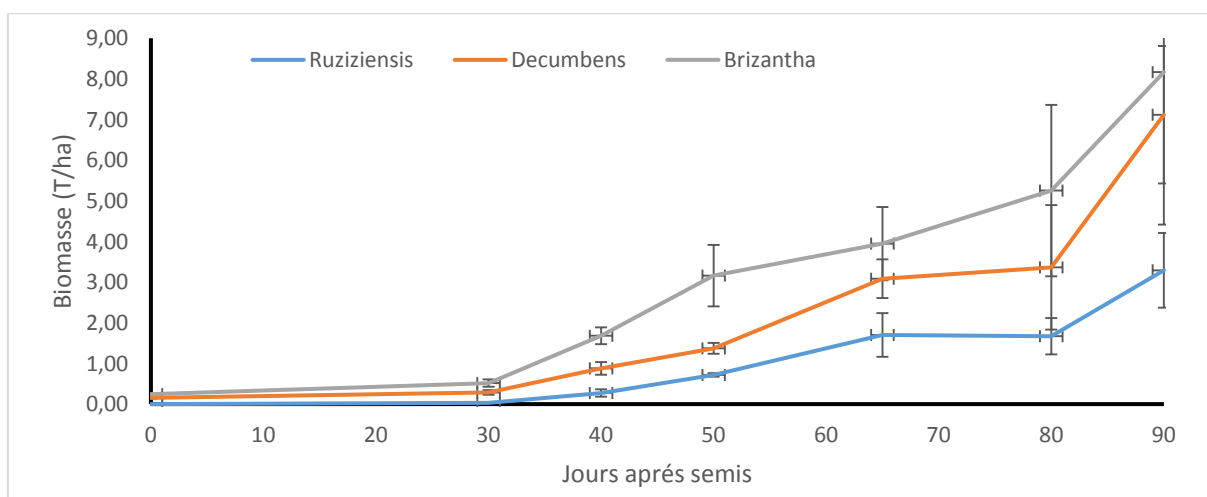
### 8.3.3 Biomasses sèches des parties aériennes de *brachiaria* pendant la saison des pluies 2016

Un mois après le début de cycle, la biomasse de *B. ruzizensis* est nettement plus réduite que celles des autres *brachiaria* (Fig. 61). Ensuite, il y a eu un léger rattrapage mais cela n'a pas permis à *B. ruzizensis* de revenir au niveau des deux autres espèces. Le *B. Brizantha* a, dès le départ, la biomasse la plus forte, mais l'écart entre *B. Brizantha* et *B. Decumbens* se réduit fortement en fin de saison des pluies (Fig. 61).

**Figure 61.** Biomasses sèches (t/ha) des trois espèces de *brachiaris* durant la saison des pluies 2016

**Figure 61.** Dry biomass (t / ha) of the three *brachiaris* species during the rainy season 2016

**Figura 61.** Biomassa seca (t. ha<sup>-1</sup> por corte) obtida nas diferentes espécies de *brachiaris* nas estações chuvosas de 2016.



La végétation des espèces *B. decumbens* et surtout *B. brizantha* a envahi les parcelles et fait concurrence au mil. Des coupes manuelles partielles ont eu lieu à 40 Jours Après Semis (JAS) (*B. brizantha*) et 50 JAS (*B. brizantha* et *B. decumbens*) en laissant la végétation coupée sur le terrain. En fin de saison des pluies (90 JAS), les biomasses de *B. brizantha* et *B. decumbens* sont plus que deux fois supérieures à celle de *B. ruzizensis* (Tab 17). Elles sont aussi très nettement supérieures à celles de 2015, malgré la pluviosité moins favorable (Fig.61).

**Tableau 17.** Biomasses sèches totales produites au cours des saisons des pluies 2015 et 2016.

**Table 17.** Total dry biomass produced during the 2015 and 2016 rainy seasons.

**Tabela 17.** Biomassa seca total produzida durante as estações de chuva de 2015 e 2016.

Traitement	Biomasse kg/ha/an	
	2015	2016
<i>Ruziziensis</i>	3682 <sup>a</sup>	3293 <sup>a</sup>
<i>Decumbens</i>	2941 <sup>a</sup>	7117 <sup>a</sup>
<i>Brizantha</i>	1482 <sup>a</sup>	8167 <sup>a</sup>
p-valor	0.072	0.115
CV(%)	31	36

<sup>1</sup>Les chiffres suivis d'une même lettre ne sont pas significativement différents suivants le test de Tukey (comparaison des espèces en 2015 et en 2016 séparément)

<sup>1</sup>Numbers followed by the same letter are not significantly different following the Tukey test (comparison of species in 2015 and 2016 separately)

<sup>1</sup>Números seguidos pela mesma letra não são significativamente diferentes após o teste de Tukey (comparação de espécies em 2015 e 2016 separadamente)

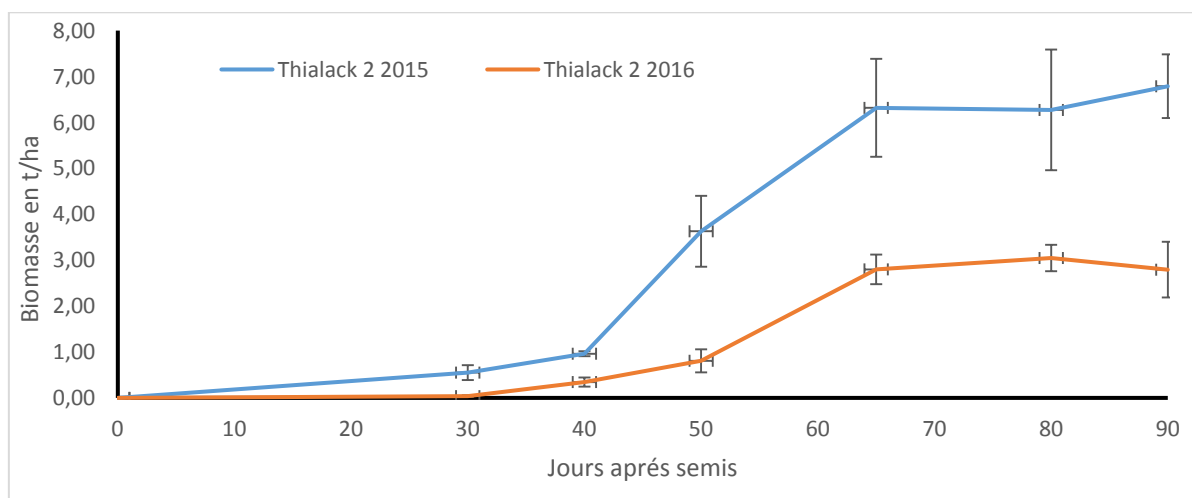
#### 8.3.4 Rendement du mil en association (mil/*brachiaria*) ou en culture pure

##### Mil en culture pure

**Figure 62.** Evolution de la biomasse sèche totale (t/ha) de la variété de Mil (Thialack 2) dans le traitement en culture pure durant les saisons des pluies 2015 et 2016

**Figure 62.** Evolution of the total dry biomass (t / ha) of the Millet (Thialack 2) variety in the pure crop treatment during the rainy seasons 2015 and 2016

**Figure 62.** Evolução da biomassa total seca (t. ha<sup>-1</sup> por corte) do milheto (Thialack 2) solteiro durante as estação chuvosa de 2015 e 2016.



Dès la levée, l'évolution de la biomasse du mil, cultivé en culture pure de façon conventionnelle, est plus rapide en 2015 qu'en 2016. Le rendement final est lui aussi nettement plus fort en 2015 (Tab 18). Cette baisse de la biomasse (Fig 62) et du rendement (Tab 18) en deuxième année de culture peut être attribuée à la succession de deux cultures de mil où une rotation des cultures avec une légumineuse devait se faire et à des conditions pluviométriques plus défavorables (Fig 61). En culture pure comme en culture associée, le rendement mil de la seconde année est nettement inférieur à celui de 2015 (Tab 18).

En seconde année, le rendement du mil en culture pure (831 kg/ha) est plus élevé que celui du mil cultivé en association avec *B. decumbens* et *brizantha* (519 et 658 kg/ha respectivement). Puisque cet effet défavorable de la plante de couverture n'apparaît pas sur le traitement Mil+ *B. ruziziensis*, il est possible d'attribuer cet effet négatif à la concurrence des espèces de *brachiaria decumbens* et *brizantha*.

**Tableau 18.** Rendements (grains) du mil Thialack 2 sur les quatre traitements en 2015 et 2016.

**Table 18.** Yields (grains) of millet Thialack 2 on the four treatments in 2015 and 2016.

**Tabela 18.** Rendimentos (grãos) do milheto Thialack 2 nos quatro tratamentos em 2015 e 2016.

Traitements	Rendement 2015 (kg/ha)	Rendement 2016 (kg/ha)	Ecart entre 2015 et 2016 (%)
<i>Ruziziensis</i> +Thialack2	1975 <sup>a</sup>	831 <sup>a</sup>	- 58
<i>Decumbens</i> +Thialack2	1983 <sup>a</sup>	519 <sup>a</sup>	- 48
<i>Brizantha</i> +Thialack2	2222 <sup>a</sup>	658 <sup>a</sup>	- 70
Thialack2 en culture pure	2247 <sup>a</sup>	831 <sup>a</sup>	-63
Valeur de P	0.7055	0.4125	
CV (%)	17	36	

<sup>1</sup>Les chiffres suivis d'une même lettre ne sont pas significativement différents suivants le test de Tukey (comparaison des espèces en 2015 et en 2016 séparément)

<sup>1</sup>Numbers followed by the same letter are not significantly different following the Tukey test (comparison of species in 2015 and 2016 separately)

<sup>1</sup> Números seguidos pela mesma letra não são significativamente diferentes após o teste de Tukey (comparação de espécies em 2015 e 2016 separadamente)

### 8.3.5. Profils racinaires à partir des comptages d'impacts

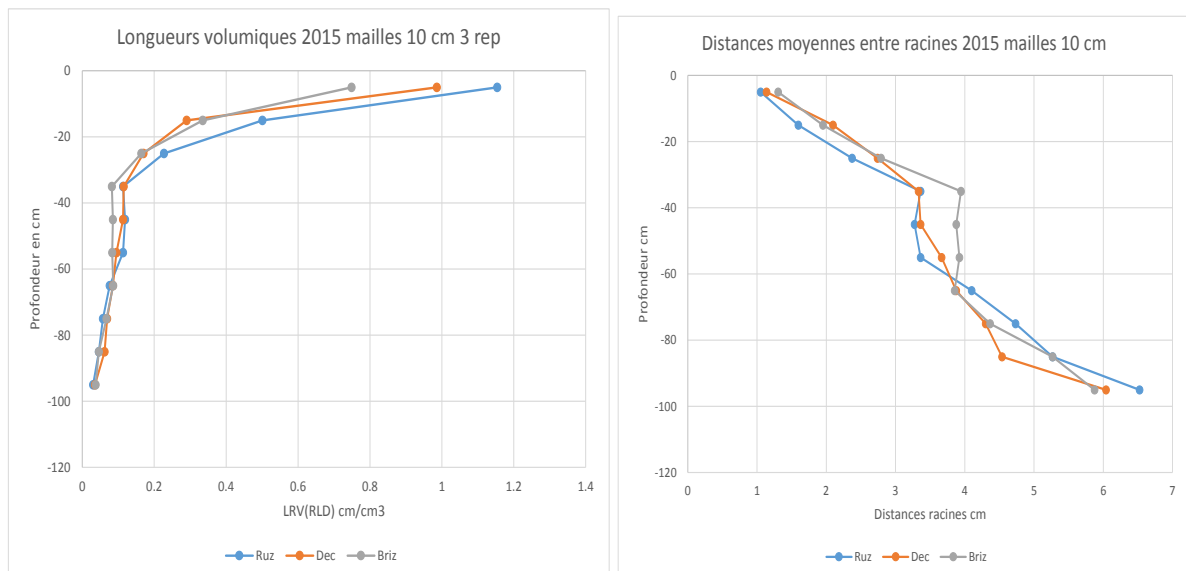
#### 8.3.5.1. Résultats 2015

Il y a une nette diminution avec la profondeur des longueurs volumiques (Fig 63A), ce qui est classique. *B. ruzizensis* possède la plus grande longueur volumique (RLD), entre 0 et 30 cm. Les deux autres espèces ont des profils racinaires peu différents. Les distances entre les racines (DR) passent de 1 cm en surface à environ 6 cm à un mètre de profondeur (Fig 63 B). Entre 30 et 60 cm de profondeur, les DR de *B. brizantha* sont un peu plus élevées que celles des deux autres espèces. Près de la surface, les écarts de RLD (Figure 63A) n'ont pas induit de différences de taux d'exploration racinaire (PRER) et donc de la capacité d'accès à l'eau, très bonne pour les trois espèces (Figure 64). Entre 30 et 60 cm les plus grandes DR de l'espèce *brachiaria brizantha* ont pour conséquence un PRER un peu plus faible que celui des deux autres espèces. Entre 70 et 100 cm de profondeur, *B. ruzizensis* a un PRER plus faible (Fig 64). Un PRER d'environ 40% à un mètre de profondeur reste néanmoins très bon.

**Figure 63.** Profils racinaires en 2015 : longueurs volumiques (LVR ou RLD en  $\text{cm}/\text{cm}^3$ ) (A) et Distances entre racines (cm) (B)

**Figure 63.** Root profiles in 2015: root length density (LVR or RLD in  $\text{cm} / \text{cm}^3$ ) (A) and Distances between roots (cm) (B)

**Figura 63.** Perfis de raízes em 2015: comprimentos volumétricos (LVR ou RLD em  $\text{cm} / \text{cm}^3$ ) (A) e distâncias entre raízes (cm) (B).

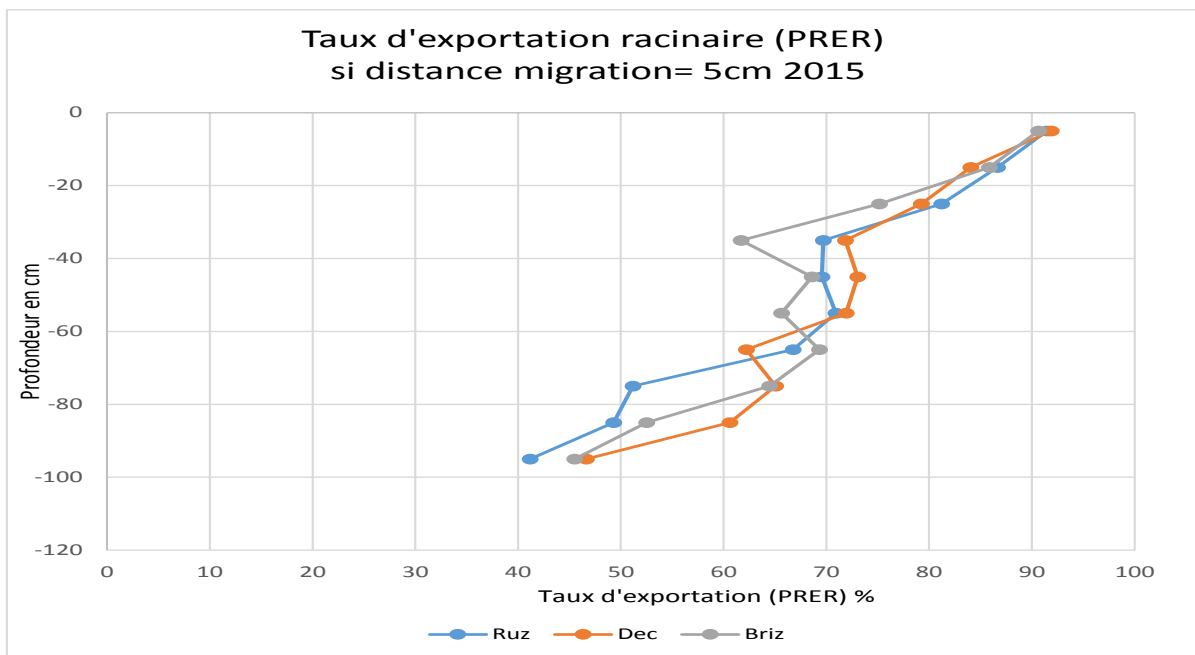


**Figure 64.** Pourcentage de volume de sol potentiellement utile pour l'alimentation en eau (PRER) en fonction du profil racinaire en 2015. Valeurs calculées par le modèle PRER à partir des valeurs de la figure 63 B et pour une hypothèse de 5 cm de distance maximale de migration de l'eau du sol autour d'une racine

**Figure 64.** Percentage of the potential root extraction ration for water supply (PRER) according to the root profile in 2015. Values calculated by the PRER model from the values in Figure 63 B and for a hypothesis of 5 cm distance maximum migration of soil water around a root.

**Figura 64.** Taxa potencial de extração radicular (TE ou PRER) em % do volume total na função

do perfil raiz em 2015. Os valores calculados pelo modelo PRER a partir dos valores da Figura 63 B e de uma suposição de distância de 5 cm migração máxima de água do solo em torno de uma raiz.



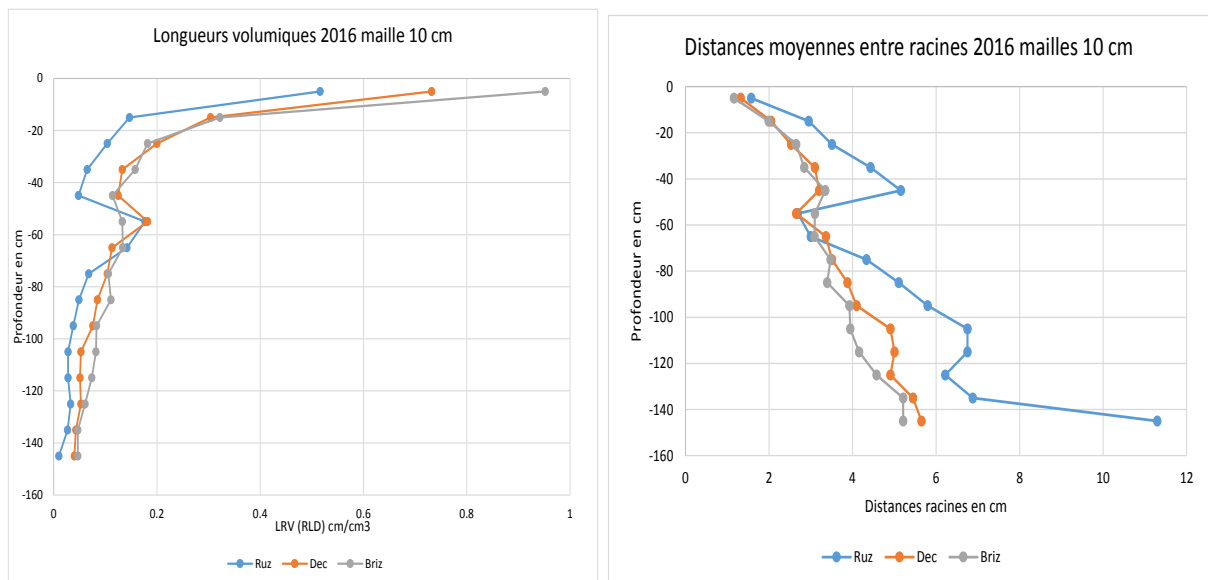
### 8.3.5.2. Résultats 2016

Entre la surface et 20 cm de profondeur (Fig 65 A), *ruzizensis* a une RLD plus faible (0,34 cm/cm<sup>3</sup>) qu'en 2015 (0,75 cm/cm<sup>3</sup>). Entre 40 et 100 cm, le PRER de *B ruzizensis* est presque le même qu'en 2015 (Fig 66) alors que ceux de *B. decumbens* et *brizantha* sont plus élevés, environ 70 % à 100 cm contre 40 à 50 % en 2015. Et encore plus entre 100 et 150 cm de profondeur, le PRER de *B. ruzizensis* est nettement inférieur à celui des deux autres *brachiaria* (Fig 66).

**Figure 65.** Profils racinaires en 2016 : longueurs volumiques (LVR ou RLD en cm/cm<sup>3</sup>) (A) et Distances entre racines (cm) (B)

**Figure 65.** Root profiles in 2016: Root length Density (LVR or RLD in cm / cm<sup>3</sup>) (A) and Distances between roots (cm) (B)

**Figura 65.** Perfis de raízes em 2016: comprimentos volumétricos (LVR ou RLD em cm / cm<sup>3</sup>) (A) e distâncias entre raízes (cm) (B).

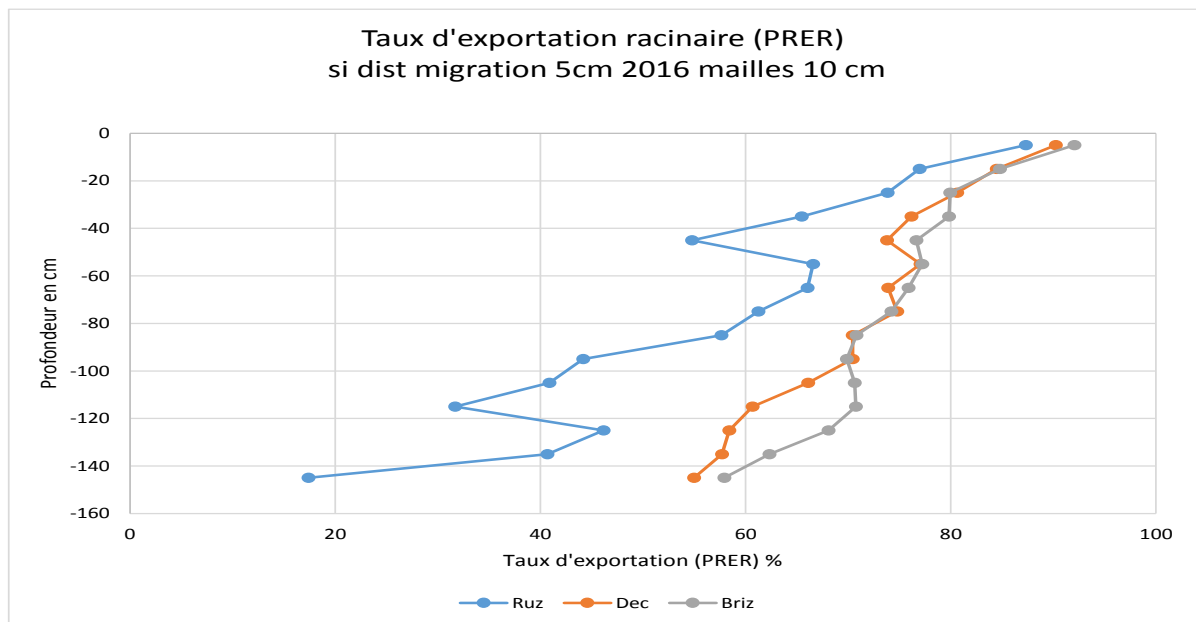


**Figure 66.** Pourcentage de volume de sol potentiellement utile pour l'alimentation en eau (PRER) en fonction du profil racinaire en 2016. Valeurs calculées par le modèle PRER à partir des valeurs de la figure 65 B et pour une hypothèse de 5 cm de distance maximale de migration de l'eau du sol autour d'une racine

**Figure 66.** Percentage of the potential root extraction ration for water supply (PRER) according to the root profile in 2016. Values calculated by the PRER model from the values in Figure 65 B and for a hypothesis of 5 cm distance maximum migration of soil water around a root.

**Figura 66.** Taxa potencial de extração radicular (TE ou PRER) em % do volume total na função

do perfil raiz em 2016. Os valores calculados pelo modelo PRER a partir dos valores da Figura 65 B e de uma suposição de distância de 5 cm migração máxima de água do solo em torno de uma raiz.

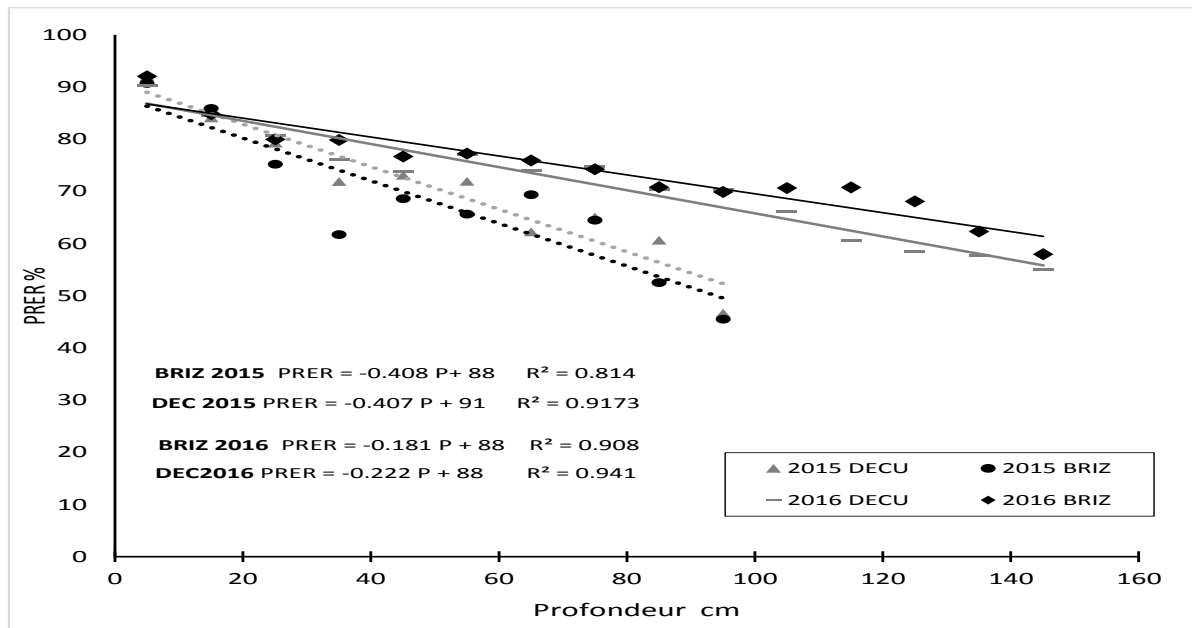


### 8.3.5.3. Ajustement des PRER en fonction de la profondeur à des modèles linéaires

**Figure 67.** Pourcentage de volume de sol potentiellement utile pour l'alimentation en eau (PRER) en fonction de la profondeur de *B. decumbens* (DECU) et *B. brizantha* (BRIZ) en 2015 et 2016

**Figure 67.** Percentage of the potential root extraction ration for water supply (PRER) according to the depth of *B. decumbens* (DECU) and *B. brizantha* (BRIZ) in 2015 and 2016

**Figura 67.** Taxa potencial de extração radicular (TE ou PRER) em % do volume total na função da profundidade de *B. decumbens* (DECU) e *B. brizantha* (BRIZ) em 2015 e 2016.

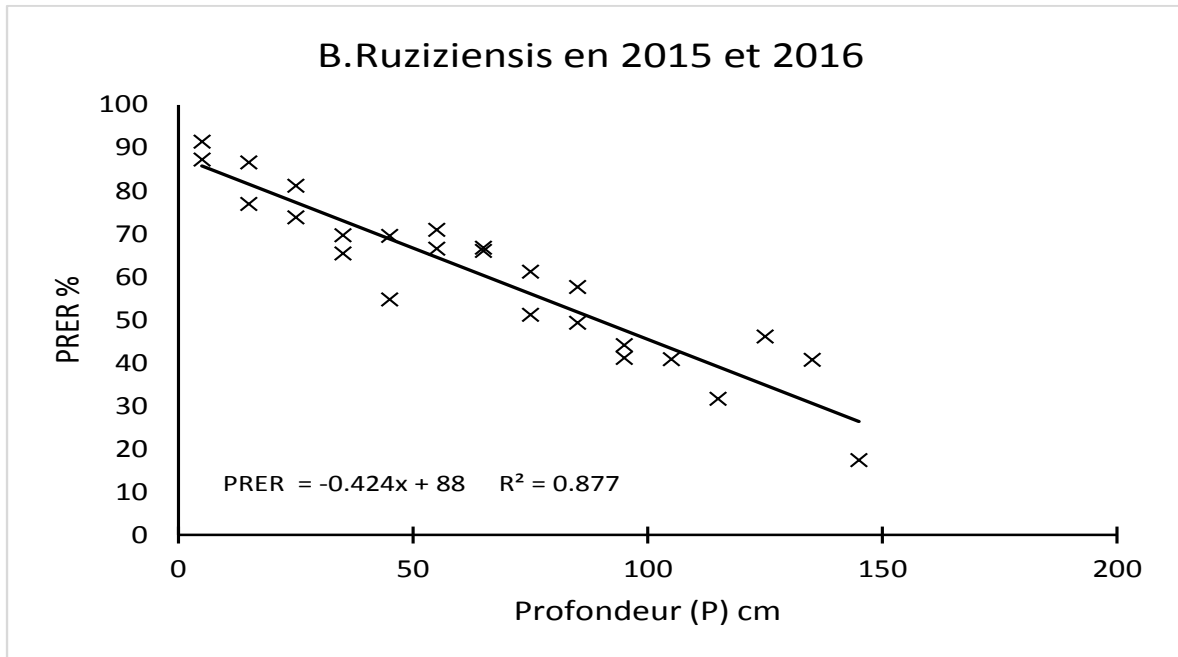


En 2015 comme en 2016, les PRER des trois espèces de brachiaria diminuent régulièrement depuis la surface où ils sont proches de 100% vers la profondeur (Fig 64 et 66). La diminution du PRER en fonction de la profondeur s'ajuste à un simple modèle linéaire (Fig. 67). Les PRER de *B. decumbens* et *B. brizantha* diminuent nettement moins fortement en fonction de la profondeur en 2016 (environ 0.2% par cm) qu'en 2015 (environ 0.4% par cm).

**Figure 68.** Pourcentage de volume de sol potentiellement utile pour l'alimentation en eau (PRER) en fonction de la profondeur de *B. ruzizensis* (RUZI) en 2015 et 2016 en regroupant les résultats des deux années

**Figure 68.** Percentage of the potential root extraction ration for water supply (PRER) according to the depth of *B. ruzizensis* (RUZI) in 2015 and 2016 by grouping the results of the two years

**Figura 68.** Taxa potencial de extração radicular (TE ou PRER) em % do volume total na função da profundidade de *B. ruzizensis* (RUZI) em 2015 e 2016 agrupando os resultados de dois anos.



La diminution du PRER en fonction de la profondeur de *B. ruzizensis* est presque la même en 2015 et 2016 et elle peut être ajustée à une même fonction linéaire pour les deux années (Fig 68). Le PRER de cette espèce diminue de 0.42 % par cm, ce qui très proche des valeurs de *B. decumbens* et *B. brizantha* en 2015 mais supérieur à celles de 2016.

#### 8.3.6. Biomasses racinaires en fin de saison des pluies 2015

Les résultats de mesures effectuées dans la couche la plus superficielle entre la surface et 10 cm ont été éliminés car la présence de nombreux débris organiques a rendu très difficile le tri entre racines et débris organiques. Entre 10 et 50 cm de profondeur, le *B. brizantha* possède la plus grande biomasse racinaire, suivie de *B. decumbens* (Tab.19). Chez *B. ruzizensis*, la biomasse racinaire est nettement plus faible alors que cette espèce a eu la plus forte biomasse de parties aériennes (Fig 60).

Malgré de forts écarts entre les espèces, il n'y a pas eu de différences statistiques à cause de coefficients de variation élevés, ce qui est classique pour ce type de mesures racinaires.

**Tableau 19.** Densité de biomasses racinaire des trois espèces de *brachiaria* en fonction de la profondeur (méthode des prélèvements globaux).

**Table 19.** Root biomass density of the three *brachiaria* species as a function of depth (global sampling method).

**Tabela 19.** Densidade da biomassa radicular das três espécies de *brachiaria* em função da profundidade (método da amostragem global).

Profondeur (cm)	Espèces et statistiques	Biomasse racinaire (g/dm <sup>3</sup> )
10 – 20	Ruziziensis	0,176 <sup>a</sup>
	Decumbens	0,225 <sup>a</sup>
	Brizantha	0,338 <sup>a</sup>
	CV %	89
	p-Valor	0,68
20 - 50	Ruziziensis	0,035 <sup>a</sup>
	Decumbens	0,068 <sup>a</sup>
	Brizantha	0,114 <sup>a</sup>
	CV %	74
	p-Valor	0,27

<sup>1</sup>Les chiffres suivis d'une même lettre ne sont pas significativement différents suivants le test de tukey (comparaison des espèces pour les horizons 10-20 cm et 20-50 cm séparément)

<sup>1</sup>The numbers followed by the same letter are not significantly different following the tukey test (species comparison for the 10-20 cm and 20-50 cm horizons separately)

<sup>1</sup>Os números seguidos pela mesma letra não são significativamente diferentes seguindo o teste de Tukey (comparação de espécies para os horizontes de 10-20 cm e 20-50 cm separadamente).

Entre 10 et 50 cm les biomasses racinaires sèches laissées dans le sol par *b. brizantha* et *b. decumbens* sont d'environ 450 et 300 kg/ha respectivement.

#### 8.4. DISCUSSION

Le fait de pouvoir disposer de plusieurs traits fonctionnels de *brachiaria* relatifs aux parties aériennes mais aussi aux racines (biomasses, longueurs, distances moyennes entre racines, PRER) a permis d'enrichir l'analyse de leur intérêt comme plante de service dans les conditions pédoclimatiques du Sénégal. Le calcul du PRER en particulier, a permis de faciliter l'analyse du rôle du système racinaire dans l'accès à l'eau de la plante, très

important dans le milieu d'étude, en prenant en compte la densité de racines (biomasse, longueur) mais aussi de répartition et d'hétérogénéité (clumping).

#### 8.4.1. Biomasses aériennes du mil et du *Brachiaria*

En première année, des différences de vitesse de germination ont été notées entre les *brachiarias decumbens*, *brizantha* et *ruzizensis* mais que *b. ruzizensis* était la plus performante à cet égard. En revanche, cette espèce n'a pas supporté le manque d'eau pendant la saison sèche et a dû être entièrement réimplantée contrairement aux deux autres espèces qui ont eu des meilleurs taux de survie en fin de saison sèche mais néanmoins faibles. Cela a entraîné un fort retard de croissance de *b. ruzizensis*. C'est un réel handicap pour son utilisation au Sénégal. L'espèce *b. brizantha*, qui a le mieux supporté la saison sèche a eu une croissance très active dès les premières pluies mais a concurrencé le mil en début de sa végétation.

Le rendement du mil a fortement chuté en deuxième année, en culture pure et encore plus en culture associée avec *b. brizantha* et *b. decumbens*. Pour la culture pure ou en association avec *b. ruzizensis*, cette diminution peut être attribuée à la pluviosité moins favorable en 2016 et à la succession de 2 cultures de mil, ce qui n'est pas conseillé (Diangar 2008). La diminution de rendement du mil entre les deux années plus forte avec *b. brizantha* et *B. decumbens* peut être attribuée à leur caractère envahissant qui a gêné la croissance du mil.

#### 8.4.2. Profils de longueurs racinaires (RLD) et de taux d'exploration racinaires

Les résultats sont issus de mesures de base consistant à cartographier les racines de *brachiaria* sur un profil de sol dans un système où le *brachiaria* était associé au mil. Il y a donc un risque de compter des racines de mil parmi les racines de *brachiaria*. Mais les mesures ont été faites à un mois et demi après la récolte du mil. Il ne restait dans le sol que quelques grosses racines mortes de mil assez faciles à différencier des racines de *brachiaria* encore vivantes.

En 2015, la colonisation racinaire plus faible en surface de l'espèce *b. brizantha* peut être mise en relation avec la croissance plus lente et plus faible des parties aériennes à cause de problèmes d'implantation. En revanche, en profondeur elle a un système racinaire nettement mieux développé que celui de l'espèce *b. ruzizensis*. Les systèmes racinaires des espèces de *Brachiarias decumbens* et *brizantha* ont mieux colonisé le sol en 2016 qu'en 2015. Il est logique, mais néanmoins intéressant, de noter que le plus grand

développement des parties aériennes de ces deux espèces en 2016 s'est clairement retrouvé dans les profils racinaires (Fig 64).

Il y a une bonne cohérence entre les résultats de RLD et de PRER en 2015 et de 2016. Si l'on considère et compare les résultats des deux années, on observe qu'en surface et jusqu'à 30 cm les systèmes racinaires des trois espèces explorent bien le sol avec peu de différences entre les espèces. En revanche, à partir de 70 cm de profondeur, le système racinaire de l'espèce *b. ruziziensis* a, dès la première année, une densité de longueur racinaire et un PRER plus faibles que les deux autres espèces, malgré une biomasse des parties aériennes légèrement plus grande en première année. Parmi les explications possibles, on peut citer une allocation plus faible du carbone vers les racines ou une plus faible capacité des racines à croître dans un milieu contraignant.

#### 8.4.3. Biomasses racinaires et comparaison avec les résultats de longueurs

L'espèce *b. brizantha* est celle qui a produit le plus de biomasse entre 10 et 50 cm de profondeur et *b. ruziziensis* est celle qui en a produit le moins. Les différences observées entre les résultats de biomasses et de longueurs peuvent être dues à des hétérogénéités de terrain puisque les mesures n'ont pas été faites au même endroit. Elles peuvent aussi et surtout être dues à des différences de longueur massique (longueur/poids). Cela semble être le cas car la longueur massique (longueur/poids sec, en m/g) de *b. ruziziensis* calculée à partir des résultats de l'étude en 2015 (Fig. 63 A et Tab 19) est proche de 30 m/g entre 10 et 20 cm de profondeur et de 40 m/g entre 20 et 50 cm alors que les longueurs massiques des deux autres espèces sont nettement inférieures environ 12 m/g entre 10 et 20 cm de profondeur et de 10 à 20 m/g entre 20 et 50 cm.

#### 8.4.4. Aptitude du système racinaire à fournir de l'eau et à produire de la biomasse

L'aptitude du système racinaire à utiliser les réserves hydriques du sol en cas de sécheresse peut être évaluée à travers le taux d'exploration racinaire en profondeur. D'après ces premiers résultats de 2015, cette aptitude est très bonne pour les deux espèces *b. decumbens* et *b. brizantha* et un peu moins pour l'espèce *b. ruziziensis*. Cela peut au moins en partie expliquer la disparition de cette espèce pendant la saison sèche 2015-2016.

Le système racinaire de *brachiaria* apporte de la matière organique au sol quand il meure. Cet apport peut jouer un rôle important dans le bilan organique du sol quand il n'y a pas d'autre matière organique incorporée dans le sol. L'aptitude du système à apporter

de la biomasse peut être évaluée, en partie, par la biomasse racinaire produite dans l'année. (Tab. 19). De ce point de vue, c'est l'espèce *b. brizantha*, qui ayant la plus grande production de biomasse racinaire entre 10 et 50 cm, est la plus performante avec une valeur de 450 kg/ha entre 10 et 50 cm de profondeur. Les deux espèces produisent moins 210kg/ha pour *b. ruziziensis* et 300 kg/ha pour *b. decumbens*.

D'après ces résultats, et si l'on intègre une estimation de la biomasse entre 0 et 10 cm de profondeur (non mesurée mais estimée visuellement), la biomasse totale du système racinaire *brachiaria* semble supérieure à celle du mil au Sénégal (400 kg /ha, Chopart 1983) et proche de celle du sorgho toujours au Sénégal (900 kg/ha Chopart, 1985). Cette biomasse racinaire offre l'avantage d'être naturellement incorporé au sol, sans travail du sol. Il serait utile de préciser la biomasse entre la surface et 10 cm pour mieux apprécier l'apport de matière organique par les racines de *brachiaria*.

#### 8.4.5. Intérêt agronomique en climat à longue saison sèche des *brachiaria* étudiées

Les traits fonctionnels mesurés dans les conditions pédoclimatiques du Centre Sud du Sénégal ont permis d'évaluer les performances et le degré d'adaptation des trois espèces étudiées dans un système de culture où le *brachiaria* est cultivé en association avec le mil la principale culture vivrière de la région et sert de plante de couverture. Les conditions climatiques locales sont principalement caractérisées par une longue saison sèche, des risques élevés de pluies érosives, mais aussi des périodes sans pluie pendant lesquelles le *brachiaria* peut être un concurrent pour la culture principale. Dans ces conditions, l'espèce *b. ruziziensis* ne paraît pas adaptée car elle n'a pas survécu à la saison sèche, sans doute à cause de son système racinaire plus superficiel. Les deux autres espèces ont des taux de survie meilleurs mais limités. Il a fallu réimplanter en partie le *brachiaria* là où il avait disparu, ce qui complique les pratiques culturales.

Des études doivent être menées pour améliorer ce taux de survie de la plante de couverture, en recherchant d'autres espèces ou en améliorant la réserve hydrique pendant la saison sèche.

L'espèce *brachiaria brizantha* a eu des biomasses aériennes légèrement plus élevées que celles de *decumbens*, ce qui est un facteur favorable pour la protection du sol. Mais la conséquence directe a été la nécessité de procéder à deux coupes en 2016 alors que pour *decumbens* une seule coupe a été suffisante, ce qui réduit les temps de travail et les coûts de production. Les profils racinaires de *brizantha* et de *decumbens* ont été proches. Par

rapport à *b. decumbens*, *b. brizantha* a eu une production de biomasse racinaire légèrement plus forte ce qui lui donne un avantage pour l'enrichissement du sol en matière organique et un PRER plus élevé lui donnant un avantage en cas de sécheresse.

## 8.5. CONCLUSION

Le *b. ruziziensis* n'est pas adapté aux conditions pédoclimatiques du centre du Sénégal dans un système de culture associant mil et *brachiaria*. Les *b. decumbens* et *brizantha* ont des performances proches mais pas identiques. L'une ou l'autre pourraient être retenues par les agriculteurs en fonction de leurs priorités et contraintes locales.

Il est maintenant plus facile au décideur, agriculteur ou conseiller agricole de faire ce choix grâce aux traits fonctionnels caractérisés dans cette étude.

D'après les premiers résultats, l'introduction du *brachiaria* dans les systèmes de culture locaux ne sera pas aisée notamment à cause de la longue saison sèche. Le *brachiaria*, au moins les trois espèces testées, n'a pas eu d'effet favorable spectaculaire, contrairement à ce qui est observé dans d'autres zones climatiques. Les effets du *brachiaria* semblent complexes. S'ils sont plutôt favorables pour le sol, ils sont plutôt défavorables pour la culture principale à cause de la concurrence pour l'eau et la lumière.

Des études sont encore nécessaires pour optimiser l'effet du *b. brizantha* le plus prometteur. Pour faciliter l'adoption par l'agriculteur, d'un système de culture associant le *brachiaria* avec le mil (ou une autre culture comme l'arachide), il faut trouver des solutions techniques pour: (i) faciliter l'implantation du *brachiaria* en première année et son maintien pendant la saison sèche, (ii) réduire sa concurrence avec la culture principale en jouant sur les écartements de semis et à associer le *stylozantes* aux *brachiaras*, (iii) disposer d'un itinéraire technique associant mil et *brachiaria* aussi simplifié que possible et avec une petite mécanisation.

## 9. CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

La dégradation des sols est un fléau mondial dont aucun pays n'échappe et dont les principales causes sont incriminées d'une part à l'action de l'homme de par la déforestation, la démographie galopante et aux pratiques culturelles intégrant le labour par l'enlèvement systématique de la couverture végétale.

Au Sénégal, dans sa zone centre (le Sud du Bassin Arachidier), zone réputée érosive, les causes de la dégradation des sols et de la baisse de la fertilité des sols sont dues de la disparition de la jachère, la croissance démographique qui demande plus de terres sur des sols de cultures pour l'habitation, la récolte mécanisée de l'arachide et l'enlèvement systématique des résidus de récolte par la majorité des chefs d'exploitation agricole. Pourtant dans cette zone, de nombreux recherches sur la défense et la restauration des sols ont été conduites mais le problème est resté toujours le même.

C'est pourquoi, dans une perspective de recherche de nouvelles alternatives pour l'éradication de l'érosion hydrique et le rehaussement de la fertilité des sols, le semis direct sous couvert végétal permanent (SDCVP) qui a fait ces preuves dans de nombreux contrées du monde tels que les cerrados et l'Etat de Paraná au Brésil où le SDCVP a permis de lutter efficacement contre la dégradation des sols.

En partant de cette expérience réussit au Brésil en matière de protection des sols, l'idée nous est venu de transférer ou d'adopter cette technologie au Sénégal et plus particulièrement dans le Sud du Bassin Arachidier afin de contribuer à la lutte contre l'érosion hydrique et à la baisse de fertilité des sols.

En effet, face aux méfaits des pratiques culturelles exercés par la majorité des chefs d'exploitation agricole par l'arrachement des mauvaises herbes, la récolte mécanisée de l'arachide, l'enlèvement systématique et le brûlage des résidus de récolte, il était impératif de couvrir le sol afin de le protéger de l'effet néfaste des premières pluies caractérisées par leurs fortes intensités qui décapent le sol et est plus connu sous le vocable de « **l'effet splash** ».

Comme moyen de couvrir le sol, **les plantes de services ou plantes de couverture** s'avèrent être très efficaces. C'est dans ce sens que nous avons utilisé **les espèces de brachiarias importées du Brésil** pour l'expérimenter au Sénégal afin d'analyser les contraintes et intérêt de l'introduction de plantes dites de service pour protéger le sol contre l'érosion et l'enrichir en matière organique.

Mais les conditions pédoclimatiques du centre du Sénégal sont caractérisées par des sols sableux peu structurés et une longue saison sèche de huit mois sans aucune pluie. Pendant la courte saison des pluies, les précipitations peuvent être de forte intensité donc érosives mais il peut aussi survenir des périodes de sécheresse limitant l'alimentation hydrique des cultures.

Malgré ces conditions difficiles, il faut néanmoins rechercher des systèmes de culture sans travail du sol profond permettant le maintien ou même l'amélioration de la fertilité et de la production dans la zone concernée du Sénégal et de l'Afrique de l'Ouest.

Dans ce travail on a contribué à trouver des solutions techniques facilitant l'introduction de plantes de service protégeant le sol et enrichissant celui-ci en matière organique. Ces solutions doivent être durables, rentables et adaptées aux contraintes techniques et socio-économiques des agriculteurs intéressés par cette nouvelle pratique. Elles doivent en particulier intégrer une petite mécanisation notamment pour réduire les temps de travaux de semis et de récolte.

Cela nous a conduit en particulier à tester les possibilités de culture et l'intérêt en tant que plante de couverture de trois espèces de *brachiaria* et parallèlement à élaborer localement un semoir apte à semer les principales cultures en particulier l'arachide dans un sol occupé par une plante de couverture comme le *brachiaria*.

On a ainsi élaboré localement un tel outil à partir du super éco actuellement utilisé en système sans plante de couverture. Il est inspiré du semoir brésilien de semis direct (**Fitarelli**) mais plus simple et moins coûteux. On a montré qu'il existe localement des artisans très expérimentés et disponibles pour accompagner le projet dans la conception du semoir de semis direct.

Les efforts de traction demandés par ce semoir adapté à travailler dans un couvert végétal sont supérieurs à ceux fournis par un cheval, mais compatibles avec les efforts fournis par une paire de bœufs. Cependant, ce semoir ne peut fonctionner que sur un couvert végétal peu développé (une dizaine de jours maximum après la levée) et aplati, ce qui limite fortement son domaine d'utilisation. Ce travail de mise au point du semoir de semis direct SDCVP-éco n'est donc pas terminé, il faut en particulier poursuivre les expérimentations sur le matériel et sur les conditions de travail, pour améliorer ses performances.

Nos résultats expérimentaux ont montré que l'introduction d'une plante de couverture comme le *brachiaria* dans les systèmes de culture locaux n'est pas aisée, notamment à cause de la longue saison sèche. Le *brachiaria* a eu des effets complexes : plutôt favorables sur le sol et plutôt défavorable pour la culture test à cause de la concurrence

pour l'eau, les éléments minéraux et la lumière. Des études complémentaires sont nécessaires pour optimiser l'effet du *brachiaria* en facilitant son implantation en première année et son maintien pendant la saison sèche et réduisant ses effets défavorables de concurrence avec la culture.

Les travaux que nous avons menés ont permis d'avancer dans l'étude de cette problématique complexe qu'est la lutte contre l'érosion et le maintien de la fertilité dans les systèmes de culture du Sud du Bassin Arachidier actuellement basés sur la culture continue d'arachide et d'une culture vivrière (le mil, sorgho, maïs). On a testé la solution technique de la culture sous plante de couverture (*brachiaria*) qui a été utilisée avec succès ailleurs, mais dans d'autres zones-pédo-climatiques et dans d'autres systèmes de culture. Des premiers travaux dès la fin des années 70 avaient testé le mulch et les plantes de couverture au Sénégal sans que les résultats soient adoptés par les agriculteurs. Nos travaux confirment la difficulté d'introduire des plantes de couverture dans les systèmes de culture actuels du Sénégal.

Partant de nos résultats, il faut néanmoins continuer les études sur la protection du sol et le maintien ou l'amélioration de son statut organique. Il semble que deux voies sont envisageables

- a) La poursuite de l'utilisation de plantes de couvertures implantées durablement. Il faudrait trouver des plantes de couverture mieux adaptées aux conditions locales. A cet égard le recours à des espèces locales devraient être recherchées, de type herbacées (*adropogon gayanus*, *pennisetum*) mais aussi arbustives. Il existe de nombreuses problématiques à gérer à l'échelle de la parcelle (implantation, survie en saison sèche, faisabilité du semis et de la récolte mécanique de l'arachide dans la plante de couverture, concurrence pour l'eau et la lumière avec la culture principale). Il faudrait aussi prendre en compte des problématiques à l'échelle de l'exploitation voire du terroir. Il s'agit en particulier de la divagation des animaux en saison sèche. **Face à la problématique de la transhumance et de la divagation des animaux à la quête de pâturage rare et insuffisante, qui, emportant à leurs passages tout le tapis herbacé, la solution peut arriver avec l'augmentation de la biomasse et à la réorganisation dans le long terme du système agraire pour donner plus de place à la production commerciale pour les humains et à la production pour les animaux.** En effet, le système de semis direct sous couvert végétal permanent adapté localement offre l'avantage de produire de la biomasse de qualité et en quantité suffisante pour protéger et pour nourrir le sol et aussi de procurer de

nourriture pour les humains et pour les animaux. Son adoption et sa généralisation au Sénégal peut contribuer à limiter le phénomène de la transhumance.

- b) La recherche de solutions innovantes issues de l'imagination locales ou de références bibliographiques dont l'adaptabilité aux conditions locales paraît possible. Il n'est pas possible ici de donner des solutions techniques. On peut néanmoins suggérer de tester des espèces à croissance très rapide mais non envahissantes semées en sec ou dès la première pluie avant ou en même temps que la culture principale. Le mil pourrait jouer ce rôle au prix de seulement quelques kilos à l'hectare. Il serait détruit mécaniquement avant que la culture principale empêche cette intervention, devenant alors couverture morte.

## REFERENCES

- AFD (Agence Française de Développement), 2006. **Le semis direct sur couverture végétale permanente (scv) : Une solution alternative aux systèmes de culture conventionnels dans les pays du Sud**, 68 p.
- AFDITOURAINE, 2015. **Un nouveau semoir livré au Mali**, 1 p. site : [afditouraine@yahoo.fr](mailto:afditouraine@yahoo.fr)
- Albergel, J., Sène, M., Diatta, M., Grouzis, M., Perez, P., 1995. **Réhabilitation d'un écosystème semi-aride au Sénégal par l'aménagement des éléments du paysage**. In : John Libbey Eurotext, Paris © 1995, pp. 293-306
- Andrioli, I. 2004. **Plantas de cobertura em pré-safra à cultura do milho em plantio direto, na região de Jaboticabal-SP**. Tese (Livre-Docente) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 2004, 78 p.
- Ange, A., 1991. **Gestion de la fertilité des sols et stratégies de mise en valeur des ressources naturelles exemple du mu dans les systèmes de culture du sud du bassin arachidier sénégalais**, in <Terres de savane, terres fertiles? >, (Actes du séminaire de Montpellier, Décembre 1990). CIRAD-CA Pub! pp. 25-50.
- Anonyme, 2012. **Réunion CDD (Comité Départemental de Développement) au niveau de la préfecture du département de Nioro du Rip pour l'appui et le suivi du projet JICA/CODEVA sur la restauration des sols dégradés du Bassin Arachidier**, 2 p.
- APDC (Associação de Plantio Direto no Cerrado), 2001- **Associação de Plantio Direto no Cerrado. Braquiária mais que pasto II. Brasília**, p.4. (Boletim Informativo, 6)
- Ashburner, J., 2004. **Back to office report duty travel to Burkina-Faso 17 to 27 june 2004**. Rapport FAO, Rome, 20 p.
- Badiane, N.A., Khouma, M. et Sène, M., 2000a. **Gestion et transformation de la matière organique : synthèse des travaux de recherche menés au Sénégal depuis 1945**, 123 p. <http://www.sist.sn/gsd/collect/publi/index/assoc/HASH7a7a/a16e056f.dir/doc.pdf>
- Badiane, N.A., Khouma, M. et Sène, M., 2000b. **Drylands Research Working paper 15. Région de Diourbel : Gestion des sols**, 33 p.
- Bakhoun, C., 1995. **Influence de *Sterculia setigeradel*. «Mbep» sur les rendements des cultures annuelles (arachide, mil, sorgho) au Sud-Est du bassin arachidier du Sénégal**, Mémoire de DEA, ISE, Faculté des Sciences et Techniques, UCAD, Sénégal
- Banabessey, K., 2011. **Diagnostic environnemental de la filière arachide dans la zone du bassin arachidier**. Programme Uniterra (CECI & EUMC)/CNCR, Dakar, Sénégal, 15 p.
- Bassène, C., Mbaye, M.S., Kane, A., Diangar, S., Noba, K., 2012. **Flore adventice du maïs (*Zea mays* L.) dans le sud du Bassin arachidier (Sénégal) : structure et nuisibilité des espèces**. Journal of Applied Biosciences 59 : 4307– 4320

Bayala, R., Sène, M., Yatty, J. K., Yost, R., Kablan, R., Kouakou, K. C., Diédhiou, I. et Affholder, F. 2009. **Effet des ados en courbes de niveau sur la distribution et la diversité des herbacées au champ (Sénégal)**. *Agronomie Africaine* 21 (3) : 261 - 272

Bennet, H., 1939. **Elements of soil conservation**. 2d ed., New York, McGraw-Hill.

Bernardes, L.F., 2003. **Semeadura de capim-braquiária em pósemergência da cultura do milho para obtenção de cobertura morta em sistema de plantio direto**. 2003. 42f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, 2003.

Beye, G., Ndione, J. A., Faye, A., Sall, A.B., Ndiaye, D.S., 2012. **Analyse des potentialités agricoles et pastorales du département de Niourou du Rip**, 36 p.

Blanchet, R., Bosc, M., Maertens, C., et Puech, J., 1974. **Influence de différents régimes hydriques sur l'absorption de l'eau et des éléments minéraux par les cultures. I) influence de l'humidité du sol et des flux hydriques sur l'absorption des éléments minéraux par les racines**. *Ann. Argon.* : (25) 681-696.

Blanchet, R., Maertens, C. et Bosc, M., 1974b. **Principaux facteurs agronomiques déterminant l'absorption des éléments nutritifs par les racines**. *Bull. Assoc. Fr. Etude du Sol* : (2) 69-79.

Boizard, H., Richard, G., Defossez, P., Roger-Estrade, J. et Boiffin, J., 2004. **Etude de l'effet à moyen et long terme des systèmes de culture sur la structure d'un sol limoneux-argileux du Nord du Bassin Parisien: les enseignements de l'essai de longue durée d'Estrée-Mons (80)**. *Etude et Gestion des Sols* 11:11-20.

Bordet, D., Lhoste, P., Le moigne, M., Le thiec, G., 1988. **La traction animale en Afrique francophone, état de l'art. Rapport final, Juin 1988**. Antony, CEEMAT, France, 195 p.

Boscher, C., 1994. **Amélioration des techniques culturales pour une meilleure gestion de l'eau sur une rotation mil-arachide au sud Sine-Saloum, Sénégal**. Mémoire Diatta 1999, ENSAT, CNEARG, 67 p.

Bozza, J. et Kourouma, M., 2004. **Rapport de mission au Burkina Faso du 20 au 26 juin 2004 de l'équipe SCV de Bordo sur les matériels de semis direct. Appui aux sites du PRODS/PAIA**, p. 18

Brasseur, G., 1975. " **Agricultural typology and land utilization**" Center of Agricultural Geography Institute of Agricultural Economy and Policy, University Academy for Agriculture Sciences and Humanities, Verona, Italy. p. 87-92.

Brunet, D. et Brossard, M., 2000. **Ruissellement et détachabilité d'un sol sous pâturages cultivés dans le Cerrado (Brésil). Premiers résultats sur micro-parcelles d'érosion**. In International Symposium: Soil functioning under Pastures in intertropical Areas. Brasilia, Brazil- October 16-20/2000, 15-18/2001 p.

Caires, E.F., 2000. **Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto: Experiências no Estado do Paraná.** In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25. Santa Maria, 2000. Anais. Santa Maria, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 28p. CD-ROM.

Calegari, A., Hargrove, W., Rheinheimer, D., Ralisch, R., Tessier, D., Tourdonnet, S. et Guimarães, M. F., 2008. **Impact of Long-Term No-Tillage and Cropping System Management on Soil Organic Carbon** in an Oxisol: A Model for Sustainability. In : Agronomy Journal Volume 100, Issue 4, 2008, 7 p.

Camara, A., 2007. **Diagnostic fourrager pour une amélioration des productions animales dans le bassin arachidier du senegal : cas de l'arrondissement de Niakhar.** Mémoire de fin d'études approfondies de productions animales de l'Université Cheikh Anta DIOP de Dakar (UCAD) de la Faculté des Sciences et Techniques et de l'Ecole Inter-Etats des Sciences et Médecine vétérinaires (EISMV), 49 p.  
<http://www.beep.ird.fr/collect/eismv/index/assoc/MEM07-1.dir/MEM07-1.pdf>

CAPES (Centre d'Analyse des Politiques Économiques et Sociales), 2005. **Pratiques et savoirs paysans au Burkina Faso: une présentation de quelques études de cas.** Série documents de travail DT-CAPES N° 2005-20, 25 p.  
<http://www.slire.net/download/1559/pratiques-savoirs.pdf>

Catalogue SISCOMA, 1966. Semoir Super-Eco (licence Ulysse Fabre) mars 1966, 2p.

Cattin, B. M. et Faye, J., 1982. **L'exploitation agricole en Afrique soudano-sahélienne.** Paris, Agence de Coopération Culturelle et Technique, 95 p.

Cattin, B. M., 1986. **Les Unités Expérimentales du Sine Saloum, ISRA-CIRAD-FAC.** Recherche et Développement Agricole. 500 p.

CDSR (Centre de développement sous-régional pour l'Afrique du Nord), 2001. **Le Semis Direct : potentiel et limites pour une agriculture durable en Afrique du nord.** CEA/TNG/CDSR/AGR Décembre 2001, Tanger au Maroc, 34 p.

CEDEAO (Communauté Economique des Etats de l'Afrique de l'Ouest), UEMOA (Union Economique et Monétaire Ouest Africaine) et CILSS (Comité permanent Inter états de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel), 2008. **Politique des ressources en eau de l'Afrique de l'Ouest,** 24 p.  
[http://cmsdata.iucn.org/downloads/politique\\_des\\_ressources\\_en\\_eau\\_de\\_lafrique\\_de\\_louest.pdf](http://cmsdata.iucn.org/downloads/politique_des_ressources_en_eau_de_lafrique_de_louest.pdf)

CEEMAT (Centre d'Etudes et d'Experimentation en Mécanisation Agricole et Technologie Alimentaire), 1976. **Les essais de matériel agricole à traction animale. Collection techniques rurales en Afrique.** Paris : Ministère de la Coopération.

Charreau, C., Nicou, R., 1971. **L'amélioration du profil cultural dans les sols sableux et sablo-argileux de la zone tropicale sèche Ouest Africaine et ses incidences agronomiques.** In Agronomie Tropicale 26 : 1183-1247

Chopart, J. L., 1970. **Morphologie et croissance de l'enracinement du sorgho (sorghum vulgare) en deux conditions de fertilité.** Première étude. Institut de Recherches Agronomiques Tropicales et des Cultures vivrières (IRAT)/Sénégal, doc. miméo., 97 p.

Chopart, J. L., 1981. **Analyse des contraintes techniques et propositions actuelles de la recherche.** ISRA/CNRA-Bambey. Doc. multigr. 36 p.

Chopart, J. L., 1983. **Etude du système racinaire du mil (Pennisetum typhoides) dans un sol sableux du Sénégal.** Agron. Trop. XXXVIII, 37-51.

Chopart, J.L., 1985. **Développement racinaire de quelques espèces annuelles cultivées en Afrique de l'Ouest et résistance à la sécheresse.** In : La sécheresse en zone intertropicale. Pour une lutte intégrée. Paris, France, Conseil international de la langue française, p. 145-154. Colloque sur la Résistance A la Sécheresse en Milieu Intertropical : Quelles Recherches pour le Moyen Terme ?, 1984/09/24-27, Dakar, Sénégal.

Chopart, J.L. et Siband, P., 1999. **Development and validation of a model to describe root length density of maize from root counts on soil profiles.** Plant and Soil 214: 61-74.

Chopart, J.L., 1999. **Relations entre état physique du sol, systèmes racinaires et fonctionnement hydrique du peuplement végétal : outils d'analyse *in situ* et exemples d'études en milieu tropical à risque climatique élevé.** France : Université Joseph Fourier Grenoble 1, Thèse de doctorat : Sciences de la Terre et de l'Univers, 350 p.

Chopart, J. L., 2004. **Les systèmes racinaires des cultures tropicales : rôle, méthodes d'étude *in situ*, développement, fonctionnement.** Document de synthèse. Doc scient cirad 43 p

Chopart, J.L., Rodrigues S.R., Carvalho de Azevero M., De Conti Medina C., 2008. **Estimating sugarcane root length density through root mapping and orientation modelling.** Plant and Soil, 313 (1-2): 101-112.

Chopart, J.L., Sine B., Dao A., Muller B. 2008. **Root orientation of four sorghum cultivars: application to estimate root length density from root counts in soil profiles.** PlantRoot, 2: 67-75.

Chopart, J.L., Le Mézo L., Vauclin M., 2012. **Modelling the potential root water extraction ratio in soil: application to sugar cane on the Island of Réunion.** In: proceedings of 8th Symposium Int. Society Root Research, Dundee (GB) ISRR Edit. Talking poster 4 Comparison of several methods of studying the maize deep root system under field conditions.

Chopart, J.L., Le Mézo L, Lindemann J, Mézino M, Sergent G., 2014. **RACINE2.1: Application de gestion de données racinaires obtenues à partir de comptages sur profils de sol.** Version 2.1. doc PDF Cirad 15 p.

CIRAD (Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement), 2013. **Smallholder Conservation Agriculture Promotion in Western and Central Africa – SCAP**. <http://afrique-ouest-continentale.cirad.fr/recherches-en-partenariat/principaux-projets/smallholder-conservation-agriculture-promotion-in-western-and-central-africa-scap>

Cissé, N. et Hall, A. E., 2003. **Traditional Cowpea in Senegal, a Case Study**. [http://www.fao.org/ag/agp/agpc/doc/publicat/cowpea\\_cisse/cowpea\\_cisse\\_e.htm](http://www.fao.org/ag/agp/agpc/doc/publicat/cowpea_cisse/cowpea_cisse_e.htm)

CMK (Chambre de métier de Kaolack), 2007. **Etude complémentaire pour la promotion de la filière métal dans la région de Kaolack**. Rapport réalisé par le Centre de Prestations de Services du Bassin Arachidier (CPS/BA) et la chambre de métier de Kaolack, p. 59

CONSERE (Conseil Supérieur de l'Environnement et des Ressources Naturelles), 1997. **Expérience sénégalaise en matière de lutte contre la désertification**. MEPN, 70 p.

Corbeel, M., David J. P., Rick, S. L., 2014. **The farm-level economics of conservation agriculture for resource-poor farmers**. In ELSEVIER, Agriculture, Ecosystems and Environment 187 (2014) 52–64

CSE (Centre de Suivi Ecologique), 2007. **Caractérisation des systèmes de production agricole au Sénégal**. Document de synthèse. 39 p.

CTFT (Centre Technique Forestier Tropical), 1980. **Conservation des sols au sud du Sahara**. Ministère de la Coopération, Paris, France : CTFT. 2<sup>ème</sup> éd. 296 p.

Dagnelie, P., 1998. **Statistique théorique, Tome1**, éd. De Boeck, Bruxelles 1998, 215 p.

Dakaractu, 2014. **Le Prix de l'arachide fixé à 200 F: le MAER prend toutes les dispositions pour un démarrage de la campagne de commercialisation le 29 décembre**, 1 p.  
[https://www.dakaractu.com/Le-Prix-de-l-arachide-fixe-a-200-F-le-MAER-prend-toutes-les-dispositions-pour-un-demarrage-de-la-campagne-de\\_a80427.html](https://www.dakaractu.com/Le-Prix-de-l-arachide-fixe-a-200-F-le-MAER-prend-toutes-les-dispositions-pour-un-demarrage-de-la-campagne-de_a80427.html)

Derpsch, D., Friedrich, T., 2009. **Global overview of conservation agriculture adoption**. Rome FAO, 14 p.

DGD (Direction Générale de la Douane), 2016. **Classe tarifaire. Référence : Lettre n°1184 ISRA/CNRA/Dir du 19 Novembre 2015. Tableau des positions tarifaires et fiscalités des produits**, 2 p.

Diakhaté, D., 2009. **Analyse de l'offre et de la demande du parc motorisé dans une perspective de mise en valeur intensive des aménagements hydro-agricoles du Bassin de l'Anambé : Cas des tracteurs et des moissonneuses-batteuses**. Mémoire de fin d'études de l'Ecole Nationale Supérieure d'Agriculture (ENSA) Thiés, p. 120

Diakhaté, M., 2013. **Caractéristiques de la chaîne de valeur du mil dans la région de Kaolack : détermination des coûts de production.** Mémoire de fin d'études ENSA, 2013, 67 p.  
[http://www.agroalimentaire.sn/wp-content/uploads/2015/07/499\\_diakhatemalick\\_cv\\_mil-kaolack\\_.pdf](http://www.agroalimentaire.sn/wp-content/uploads/2015/07/499_diakhatemalick_cv_mil-kaolack_.pdf)

Diallo, O.M., 1992. **Analyse d'une activité du previnoba : La régénération naturelle assistée des espèces locales.** 66 p.

Diangar, S., 2008. **Approche intégrée pour l'amélioration de la productivité des systèmes de cultures à base de mil [Pennisetum glaucum (L.) R. Br.] dans le bassin arachidier du Sénégal.** Thèse de doctorat de 3<sup>e</sup> cycle de biologie végétale de spécialisation en sciences agronomiques de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar de la faculté des sciences et techniques du département de biologie végétale présentée et soutenue le 09 Mai 2008, 160 p.

Diao, F. D., 2003. **Typologie des exploitations agricoles de la zone cotonnière sénégalaise : affinement du modèle de la SODEFITEX.** Mémoire d'Ingénieur Agronome : Thiès. Ecole Nationale Supérieure d'Agriculture de Thiès, 71p +annexes.

Dias, A. C., 2012. **Plantas de cobertura do solo na atenuação da erosão hídrica no sul do estado de minas gerais.** Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, área de concentração em Recursos Ambientais e Uso da Terra, para a obtenção do título de Mestre, 112 p.

Dieng, N. et Ndiaye, D. S., 2011. **Outils de gestion durable des terres au Sénégal : contribution de LADA.** Rapport CSE 2011, 68 p.

Dijkstra, F., 2002. **Conservation tillage development at the ABC Cooperatives in Paraná, Brazil**", In : Making Conservation Tillage Conventional : Building a Future on 25 Years of Research. Proceedings of the 25th Annual Southern Conservation Tillage Conference for Sustainable Agriculture, Auburn, Alabama, USA. June 24-26, 2002

Dione, M., Diop, O., Dièye, P. N. et Ndao, B., 2008. **Caractérisation et typologie des exploitations agricoles familiales du Sénégal. Tome 3. Bassin Arachidier.** ISRA - Études et Documents - Volume 8, n° 3, 31 p.

Diop, A. M., 2011. **Dynamiques paysannes, souveraineté alimentaire et marche mondial des produits agricoles : exemple du senegal.** Thèse de Doctorat de l'Université de Toulouse délivré par l'Institut National Polytechnique de Toulouse (INP Toulouse) de spécialisation en Espaces, Sociétés Rurales et Logiques Economiques (ESSOR) et soutenue le 4 Février 2011, 254 p. <http://oatao.univ-toulouse.fr/7069/1/diop.pdf>

Diop, O., 2006. **L'exploitation agricole face aux besoins de la famille paysanne dans la région de Kaolack au Sénégal.** Mémoire d'Ingénieur Agronome : Thiès. École Nationale Supérieure d'Agriculture de Thiès, 71 p.

DRDR (Direction Régionale de Développement Rural), 2006. **Tableau de répartition du matériels agricoles / campagne agricole 2005 /2006,** 2 p.

Dumanski, J., Peiretti, R., Benetis, J., McGarry, D., Pieri, C., 2006. **The paradigm of conservation tillage**. Proceedings of World Association of Soil and Water Conservation, FAO, Rome, p 58– 64

Dusserre, J., Audebert, A., Radanielson, A., Chopart, J.L., 2009. **Towards a simple generic model for upland rice root length density estimation from root intersections on soil profile**. Plant and Soil, 325: 277-288, DOI 01007 /s11104-009-9978

Eisele, J. A., 1998. **Organic farming as a sustainable system weed management strategies in organic farming**. Pages 599 - 602 in El Bassam, R. K. Behl, et B. Prochnow, editors. Sustainable agriculture for food, energy, and industry. FAO, London, 1200 p.

ENSA (Ecole Nationale Supérieure d'Agriculture) –AGROCONSULT., 1998. **Etude de l'impact de la régénération naturelle assistée de *Combretum glutinosum* sur les écosystèmes cultivés**. PREVINOBA, DEFCS, MEPN, Sénégal: 4-22

Essecofy, G.F., 2012. **Potentiel de développement de l'agriculture de conservation des petites exploitations agricoles familiales : étude de cas à Gori et Kompienbiga (Burkina Faso)**. Thèse de Master of Science du Centre International des hautes études Agronomiques Méditerranéennes (CIHEAM), n° 120, 2012, 109 p.  
[http://www.iamm.ciheam.org/ress\\_doc/opac\\_css/doc\\_num.php?explnum\\_id=8305](http://www.iamm.ciheam.org/ress_doc/opac_css/doc_num.php?explnum_id=8305)

Fabekouré, K., 2000. **Effets des techniques d'utilisation de la dent R 12 sur la production du coton et du maïs dans la zone cotonnière Ouest du Burkina Faso**. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'ingénieur de développement rural option agronomie de l'Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso au Burkina Faso, 117 p.  
<http://www.beep.ird.fr/collect/upb/index/assoc/IDR-2000-KAM-EFF/IDR-2000-KAM-EFF.pdf>

Fall, A. A. et Lô, M., 2009. **Etude de référence du programme sur la productivité agricole au Sénégal dans le cadre du projet WAAPP. Le cas des céréales: mil, sorgho, maïs et fonio au Sénégal**, p. 138

Fall, A., 1985. **Situation actuelle de l'environnement et de l'utilisation du parc de matériels de culture attelée en basse – Casamance**. ISRA/Département Systèmes. Mémoire de confirmation, 145 p.

Fall, A. et Ndiame, F., 1988. **Rôle des forgerons traditionnels dans la maintenance du matériel de traction animale dans la Basse Casamance, Sénégal**. In West Africa animal traction Network, Workshop 1988, p.11

FAO (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture), 1967. **La défense des terres cultivées contre l'érosion hydraulique**. Rome, Italie : FAO, 202 p.

FAO, 2005. **Regards sur l'agriculture de conservation en Afrique de l'ouest et du centre et ses perspectives : contribution au 3ème Congrès mondial d'agriculture de conservation, Nairobi, octobre 2005**. Rome: FAO. 114 p.  
[http://www.fao.org/ag/fr/magazine/ac\\_2005.pdf](http://www.fao.org/ag/fr/magazine/ac_2005.pdf)

- FAO, 2012. **Catalogue officiel des variétés au Sénégal**, 9 p.  
[http://www.fao.org/pgrfa-gpa-archive/sen/docs/senegal\\_varietes/varietes\\_sen/cereales1.4.pdf](http://www.fao.org/pgrfa-gpa-archive/sen/docs/senegal_varietes/varietes_sen/cereales1.4.pdf)
- Fauck, R., 1956. **Evolution des sols sous culture mécanisée dans les régions tropicales**. VI Congr. Int. Sc. Sol, Paris, D, IV, 379-382.
- Faye, J., 2005. **Evolution et Impact des politiques agricoles de 1960 à 2005. Forum sur l'arachide tenu à Dakar entre le 7 et le 8 Décembre 2005**, 15 p.
- Ferreira, D.F., 2000. **Sistema de análises de variância para dados balanceados. Lavras: Ufla, (SISVAR 4. 1. pacote computacional)**.
- Ferreira, M. M., 2010. **Caracterização física do solo**. In: Lier, Q. J. van (ed.). Física do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.1-27.
- Fert et Afdi Touraine, 2014. **Conservation des sols et sécurité alimentaire : une préoccupation commune pour les agricultures paysannes du Mali et du Maroc. Synthèse des acquis du projet (2010-2013)**, p. 22
- FIDA (Fonds international de Développement Agricole), 2012. **Promouvoir la croissance et le développement des entreprises rurales : enseignements tirés de quatre projets menés en Afrique Subsaharienne**. In série d'expérience de terrain 2, p. 44
- Fournier, F., 1958. **Contribution à l'étude de la conservation du sol en Afrique Occidentale française**. In : Bureau Interafricain des Sols et de l'Economie Rurale, multigr. Thèse secondaire, 134 p.  
[http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/divers11-11/10761.pdf](http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers11-11/10761.pdf)
- Fournier, F., 1960. **Climat et érosion. Paris, P.U.F. Paris**, 201 p.
- Freire, F.M., Vasconcellos, C.A et França, G.E., 2000. **Manejo da fertilidade do solo em sistema plantio direto**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.22, n.208, p.49-62.
- Gafsi, M., Dugué, P., Jamin, J.Y. et Brossier, J. 2007. **Exploitations agricoles familiales en Afrique de l'Ouest et du Centre. Enjeux, caractéristiques et éléments de gestion**. Éditions Quae, 2007, 475 p.  
[https://publications.cta.int/media/publications/downloads/1395\\_PDF.pdf](https://publications.cta.int/media/publications/downloads/1395_PDF.pdf)
- Ganry, F., Bideau, J. et Nicou, R., 1974. **Action de la fertilisation azotée et de l'amendement organique sur le rendement et la valeur nutritionnelle du mil Souna III**. *Agron. Trop.* **29** (10), 1006-1015.
- Ganry, F., 1985. **Quelques réflexions pratiques sur la valorisation agricole des fumiers et composts**. In : La Recherche Agronomique pour le milieu paysan. Actes de l'Atelier de Nianing ISRA, Sénégal, pp. 108-119
- Gardner, W.R., 1960. **Dynamic aspects of water availability to plants**. Soil Science: (89) 63-73.

Gardner, W.R., 1964. **Relation of root distribution to water uptake and availability.** Agron. J.: (56) 41-45.

Gaye, M., 1991. **Les forgerons et le matériel de culture attelée.** ISRA, Direction des Recherches sur les systèmes agraires et l'économie agricole, Dakar, Etudes et Documents, vol. 5 (2), 20 p.

Guimarães, F. M., Portella, C. M. R., Feller, C., Fonseca, I. C. B., Tavares, F. J., 2012. **Soil aggregation under different management system.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, vol 36, num 6, pp 1868-1877.

Havard, M., 1986. **Le semis du mil au super éco en culture attelée.** In machinisme Agricole Tropicale n° 93, 7 p.

Havard, M., 1986. **Les conditions et les méthodes d'application de la fumure minérale au Sénégal.** Machinisme Agricole Tropical 96 : 42-57.

Havard, M., 1987. **L'apport de la Recherche en machinisme à la mécanisation de l'agriculture au Sénégal,** Institut Sénégalaise de Recherches Agricoles/Direction de Recherches sur les Systèmes Agraires, Document de travail, 46 p.

Havard, M., 1988. **Les conclusions des expérimentations (1950-1985) sur les semis en culture attelée des principales espèces cultivées.** Machinisme Agricole Tropical 101 : 11-51.

Havard, M., Mbengue, H.M., 1989. **Réflexion insuffisante sur les orientations de mécanisation au Sénégal : quelques exemples concrets.** In : CIRAD/MESRU-Economie de la mécanisation en Région Chaude-Montpellier Actes du IXème séminaire d'économie rurale, 14 au 16 septembre 1988, Montpellier, France, p.72-79. Montpellier, CIRAD.

Havard, M., 1990. **Le parc de matériels de culture attelée et les possibilités de sa maintenance dans le département de Fatik. Résultats d'enquêtes.** Cahiers d'information, ISRA, Dakar, Sénégal, 5 : 1-20.

Havard, M., 1993. **La traction animale au Sine-Saloum, Sénégal.** CIRAD, Montpellier, France, 30 p.

Havard, M. et Le Thiec, G., 1996. **La traction animale en Afrique francophone Sub saharienne.** CIRAD : Document I, Bilan et perspectives. Département Systèmes Agro-alimentaires et Ruraux, 243 p.

Havard, M., 1998. **Expérimentation et conception de matériel à traction animale dans les pays en développement. Le cas du stériculteur à nématicide au Sénégal.** In Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 1998 2 (4), 264-270

Havard, M., Fall, A. et Njoya, A., 2004. **La traction animale au cœur des stratégies des exploitations agricoles familiales en Afrique subsaharienne.** Revue Élev. Méd. vét. Pays trop. 2004, 57 (3-4) : 183-190

Havard, M., Vall, E., 2006. **L'évolution de la traction animale en Afrique subsaharienne : quels enseignements pour les agronomes et la recherche ?** in : Caneill J. (ed.) *Agronomes et innovations*, 3ème édition des entretiens du Pradel, L'Harmattan, Paris, France : 341-352. ISBN : 2-296-01130-6.

Havard, M. et Side, S.C., 2013. **Les dynamiques de mécanisation de la production et de la transformation agricoles en Afrique de l'Ouest. 4<sup>e</sup> conférence internationale « les biocarburants en Afrique » Ouagadougou, Burkina Faso du 21 au 23 Novembre 2013. Quel bilan et quelles voies d'avenir par les biocarburants et les bioénergies en Afrique ? Session 3. Les bioénergies pour augmenter la production agricole et agro-alimentaire**, 14 p.

Hamon, R., 1967. **Modalités pratiques de fabrication du fumier. Rendements obtenus. Applications possibles en milieu rural sénégalais.** Colloque sur la fertilité des sols tropicaux. Tananarive, 19-20 Mai 1967, pp, 1790-1802.

Hudson, N., 1973. **Soil conservation.** B.T. Batsford Ltd. Londres, Royaume-Uni, 320 p.

Husson, O. et Rakotondramanana, 2006. **Mise au point, évaluation et diffusion des techniques agro-écologiques à Madagascar.** Articles et posters présentés au troisième congrès mondial d'agriculture de conservation, Nairobi, Kenya, Octobre 2005, 81 p.  
[https://www.researchgate.net/publication/283268897\\_Mise\\_au\\_point\\_evaluation\\_et\\_diffusion\\_des\\_techniques\\_agroecologiques\\_a\\_Madagascar\\_Articles\\_et\\_posters\\_presentes\\_au\\_troisieme\\_congres\\_mondial\\_d%27agriculture\\_de\\_conservation\\_Nairobi\\_Kenya\\_Octobre\\_2005](https://www.researchgate.net/publication/283268897_Mise_au_point_evaluation_et_diffusion_des_techniques_agroecologiques_a_Madagascar_Articles_et_posters_presentes_au_troisieme_congres_mondial_d%27agriculture_de_conservation_Nairobi_Kenya_Octobre_2005)

Husson, O., Chartpentier, H., Razanamparany, C., Moussa, N., Michellon, R., Naudin, K., Razafintsalama, H., Rakotoarivino, C., Dramana, R., Seguy, L., 2008. **Manuel pratique du semis direct à Madagascar, volume 3 chapitre 3.4.1. Fiches techniques plantes de couverture : graminées pérennes.Brachiaria Sp.**, 20 p.  
<http://agroecologie.cirad.fr>

IED (Innovation Environnement Développement Afrique) et World Vision, 2013. **Régénération Naturelle Assistée : Pour reverdir les terres de cultures.** In les « Cahiers du GREP » N° 7- Mai, 2013, 16 p.  
[http://www.iedafrique.org/IMG/pdf/Cahiers\\_du\\_Grep\\_No7.pdf](http://www.iedafrique.org/IMG/pdf/Cahiers_du_Grep_No7.pdf)

INERA (Institut de l'Environnement et de la Recherche Agricole), 2000. **Lutte anti-érosive et amélioration de la productivité du sol par l'aménagement de cordons pierreux, fiche technique n°1**

ISRA (Institut Sénégalais de Recherches Agronomiques), 1989. **Rapport annuel 1989, Département de recherches sur les systèmes de production et le transfert de technologie en milieu rural**, 184 p.

ISRA, 1998a. **Plan Stratégique de l'ISRA (1998-2003). Synthèse des activités scientifiques et chiffrages**, 169 p.

Iyamuremye, F. G., V. Dick, R. P. Diack, M. Sene, M. Badiane and A. Diatta, M., 2000. **Carbon, Nitrogen and Phosphorus Mineralization Potential of Native Agroforestry Plant Residues in Soils of Senegal**. *Arid Soil Res Rehabil* 14 : 359 - 371.

Journal Officiel, 1964. **Loi n° 64-46 du 17 juin 1964 relative au domaine national. République du Sénégal**

Kanouté, A., 2003. **Étude comparative des stratégies de couverture de besoins céréaliers dans les exploitations familiales de la zone cotonnière sénégalaise**. Mémoire de fin d'études ENSA Thiès Sénégal. Février 2003, 53 p.

Kemtsop Tchinda, G. A., 1999. **Fabrication des agroéquipements en traction animale dans la province du Nord du Cameroun : place de l'artisanat du fer**. Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme d'Ingénieur Agronome, Département du Génie Rural, Université de Dschang (Cameroun), 94 p + annexes.

Laghrou, M., Moussadek R., A. Zouahri A., Mekkaoui M., Dahan R., El Mourid M., 2015- **Impact du semis direct sur les propriétés physiques d'un sol argileux au Maroc central (Impact of No Tillage on physical properties of a clay soil in Central Morocco)**. *J. Mater. Environ. Sci.* 6 (2) (2015) 391-396

Lee, 1927. **The method for measuring extent of the roots in the soil**. *Reps Ass. Hawaiï sugar. Tech*; (6) 56-59.

Léifi, N., Chopart, J.L., Roupsard, O., Vauclin, M., Aké, S., Jourdan, C., 2011. **Genotypic variability of oil palm root system distribution in the field. Consequences for water uptake**. *Plant Soil*, 341:505–520

Lhoste, P., Havard, M. et Vall, E., 2010. **La traction animale**. Publié par Quæ, CTA, Presses agronomiques de Gembloux 2010, 224 p.  
<http://www.pressesagro.be/e-book/9782870161081.pdf>

Lopes, A.S.; Wiethölter, S.; Guilherme, L.R.G. & Silva, C.A., 2004. **Sistema plantio direto: Bases para o manejo da fertilidade do solo**. São Paulo, ANDA, 110 p.

MAER (Ministère de l'Agriculture et de l'Équipement Rural), 2012. **Catalogue officiel des espèces et des variétés cultivés au Sénégal**. Document réalisé par l'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles, Bureau de la propriété intellectuelle et des ressources génétiques, 212 p.

MAER, 2012. **Elaboration du Programme Agricole Quinquennal (PAQ) : politique de mécanisation agricole pour le Sénégal de demain**, 28 p.

MAER, 2015. **Circulaire : Fixant les prix de cession des matériels agricoles du programme d'équipement du monde rural 2014/2015**, 1 p.

Mané, B., 2008. **Analyse économique de la production paysanne de l'arachide dans la zone centre du Bassin Arachidier au Sénégal : Détermination du coût unitaire**. Mémoire de fin d'études ENSA, 2008, 95 p.

MAPM et DERF (Ministère de l'Agriculture et de la Pêche Maritime/ Direction de l'Enseignement, de la Formation et de la Recherche), 2008. **Le semis direct des céréales**. Expérience du Domaine Agricole de Sidi Kacem, n° 163.

Maraux, F., 2006. **L'agriculture de conservation, une alternative ?** Grain de sel, février, n. 33, 6 p.

Marcenac, L. N. et Aublet, H., 1964. **Encyclopédie du Cheval**. Paris: Maloine. 1387p. ISBN 2-224 -00677-2, 203-204

Mbengue, H. M., 1989. **Le matériel de traitement post-récolte des céréales au Sénégal**. Revue Sénégalaise des Recherches Agricoles et Halieutiques, vol 2 n° 1, 1989, 8 p.

Mbodj, M., 1987. **L'utilisation des engrais et la production agricole. Fertilisation des cultures au Sénégal et dans les autres pays d'Afrique de l'Ouest, Dakar-Sénégal 24-26 Février 1987**, 33 p.

Moltz, F.J. and Remson, I., 1979. **Extraction term models of soil moisture use by transpiring plants**. Water Resources. Res.: (6) 1346-1356.

Monnier, J., 1976. **Le démariage précoce du mil hâtif et les techniques qui s'y rapportent**, ISRA/CNRA-Bambey ; 26 p.

Morou, I. et Rippstein, G., 2004. **Développement des cultures fourragères dans le bassin de l'arachide au Sénégal : typologie des paysans, production de fourrages**. Synthèse de mémoire d'ingénieur agronome (ENSA). 53 p.

Moussadek, R., Mrabet, R., Zante, P., Lamachere, J-M., Pepin, Y., Le Bissonnais, Y., Ye, L., Verdoodt, A., Van Ranst, E., 2011b. **Influence du semis direct et des résidus de culture sur l'érosion hydrique d'un Vertisol Méditerranéen**. Can. Journal of Soil Science 91(4): 627-635.

Ndiaye, A., 2006. **Le lait dans les stratégies de diversification des revenus des agropasteurs de la région de Fatick**. Mémoire de fin d'études ENSA, 2006, 93 p.

Ndiaye, M., 1996. **Etude de l'alimentation azotée du maïs fondée sur la valorisation de fixation biologique de l'azote et le recyclage de la matière organique**.

Ndour, T., 2001. **La dégradation des sols au Sénégal: l'exemple de deux communautés rurales (Kaymor et Mont Rolland)**. Thèse de doctorat soutenue à l'Université Cheikh Anta Diop (UCAD) Dakar-Sénégal, 313 p.  
<http://www.sist.sn/gsd/collect/butravau/index/assoc/HASH0182/6683431d.dir/THL-1057.pdf>

Ndour, Y., 2015. **ISRA/Communication sur la fertilité : Optimisation des systèmes de cultures céréalières (Mil/Maïs) par une adaptation des formules de fertilisation minérale**. Publié le 23 juin 2015, 1 p.

Newman, J., 1966. **A method of estimating the total length of root in a sample.** J. App. Ecol. : 3 139-145.

Nicou, R., 1977. **Le travail du sol dans les terres exondées du Sénégal, motivations, contraintes.** ISRA/CNRA, Bambey, Sénégal, Miméo 50 pp.

Nicou, R., Charreau, C., Chopart, J.L., 1993. **Tillage and soil physical properties in Semi-arid West Africa.** In soil and tillage Research, Vol. 27, p. 125-147, 14 tab, 5 graph

Noba, K., 2002. **La flore adventice dans le sud du Bassin arachidier (Sénégal) : Structure, dynamique et Impact sur la production du mil et de l'arachide.** Thèse de Doctorat d'Etat. UCAD/FST. 137 p.

Noba, K., Ba, A.T., Caussanel, J-P., Mbaye, M.S., Barralis, G., 2004. **Flore adventice des cultures vivrières dans le sud du Bassin arachidier (Sénégal).** Webbia. 59 (2): 293-308.

Nyirahabimana, B., 2011. **Contribution de l'éducation inclusive à l'intégration des personnes vivantes avec handicap.** UKL-Licence en sociologie 2011, 80 p.  
[http://www.memoireonline.com/09/11/4828/m\\_Contribution-de-leducation-inclusive-a-lintegration-des-personnes-vivants-avec-handicap40.html#\\_Toc301326865](http://www.memoireonline.com/09/11/4828/m_Contribution-de-leducation-inclusive-a-lintegration-des-personnes-vivants-avec-handicap40.html#_Toc301326865)

Oliveira et al., 2002. **Fertilidade do solo no sistema plantio direto.** Tópicos em Ciência do solo, Viçosa, Vol.2, p 393-486.

Orsini, J. P. G., Lhoste, P., Bouchier, A., Faye, A. et Niang, L., 1985. **Une typologie d'exploitations agropastorales au Sine-Saloum, Sénégal.** Revue Elev. Méd. Vét. Pays tropicaux 1985, 38 (2) 200 -210.

Oumarou, A., 2006. **Le paysage des organisations paysannes du Nord-Cameroun : Quels défis et quelles opportunités pour les forgerons de la région ?** Master-ADR au niveau de Centre National D'Etudes Agronomiques DES Regions Chaudes (CNEARC), p. 93

PCE (Project de Croissance Economique), 2011. **Rapport de synthèse : analyse de la filière engrais au senegal et de son évolution sur la période 2000 à 2010,** 16 p.  
[http://fsg.afre.msu.edu/inputs/Rapport\\_Synth%C3%A8se%20Etude%20Engrais\\_Version%20finale\\_juil.pdf](http://fsg.afre.msu.edu/inputs/Rapport_Synth%C3%A8se%20Etude%20Engrais_Version%20finale_juil.pdf)

Pélissier P., 1966. **Les paysans du Sénégal. Les civilisations agraires du Cayor à la Casamance.** Imp. Fabièque, Saint Yriex, 940 p.

Pereira, A. R., 2006. **Como selecionar plantas para áreas degradadas e controle de erosão.** Belo Horizonte: FAPI, 96p.

Perez, P., et Sène, M., 1994. **Contraintes et possibilités de valorisation des ressources naturelles dans le Sud du bassin arachidier (Sine-Saloum Sénégal).** In Reyniers F.N., Netoyo L. (eds), bilan hydrique agricole et sécheresse en Afrique tropicale (Actes du Séminaire International de Bamako, Décembre 91). Aupelf-Urelf, John Libbey Eurotext Ed., Montrouge, 217-234

Perez, P., Boscher, C. et Sène, M., 1996. **Une meilleure gestion de l'eau pluviale par les techniques culturales (sud du Siné saloum, Sénégal)**. Agriculture et développement. 9 : 20 - 29.

Pieri, C., 1969. **Etude pédologique de la région de Nioro du Rip, Vol 1. Rapport**, 134 p.

Pieri, C., 1982 b. **La fertilisation potassique du mil Pennisetum et ses effets sur la fertilité d'un sol sableux du Sénégal**. Rev Potasse Sect 27, 4 :12 pp.

Pieri, C., 1989. **Fertilité des terres de savanes : bilan de trente ans de recherche et de développement agricole au Sud du Sahara**. Ministère de la Coopération et du Développement et CIRAD-IRAT, Paris, 444 p.

Pirot, R. et PARIS, F., 1980. **Essai pour une mise au point de dent permettant le travail à la dent en sec semi-profond avec le minimum d'énergie en Afrique tropicale sèche**. ISRA/CNRA-Bambey, 23 p.

Pirot, R., 1999. **Semis direct chez les petits agriculteurs du sud du Brésil**, 6 p. Document obtenu sur le site Cirad du réseau <http://agroecologie.cirad.fr>

Prêcheur, T., 2012. **Quelle place pour la motorisation dans les villages d'agropasteurs dans le Sud du Bassin arachidier (Sénégal)?** Montpellier SupAgro, Institut des régions chaudes, 82 p.

Rabdo, A., 2007. **Inventaire des techniques de lutte anti-érosive dans le degré carré de Ouahigouya**, 68 p.  
<https://d1n7iqsz6ob2ad.cloudfront.net/document/pdf/5335ba08542c1.pdf>

Ralisch, R., Miranda, T. M., Okumura, R. S., Barbosa, G. M. C., Guimarães, F. M., Scopel, E. e Ratsivalaka, S. R., 2007. **Les conditions socio-économiques de la lutte anti érosive à Madagascar**, 6 p.  
[http://www.infotheque.info/fichiers/JSIR-AUF-Hanoi07/articles/AJSIR\\_4-5\\_Ratsivalaka.pdf](http://www.infotheque.info/fichiers/JSIR-AUF-Hanoi07/articles/AJSIR_4-5_Ratsivalaka.pdf)

Ralisch, R., Miranda, T. M., Okumura, R. S., Barbosa, G. M. C., Guimarães, M. F., Scopel, E. & Balbino, L. C., 2008. **Resistência à penetração de um Latossolo Vermelho Amarelo do Cerrado sob diferentes sistemas de manejo**. In Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.12, n.4, p.381-384  
<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v12n4/v12n04a08.pdf>

Raunet, M., 1998. **Gestion agrobiologique et semis direct : enjeux pour l'agriculture tropicale**. Actes de l'atelier CIRAD, 5-6 Mai 1998, Montpellier, France, 5 p.

Roboredo, D., Maia, J. C. S., Oliveira, O. J., Roque, C. G., 2010. **Uso de dois penetrômetros na avaliação da resistência mecânica de um latossolo vermelho distrófico**. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 30, n. 02, p. 308-314.

Roose, E., 1977. **Erosion et ruissellement en Afrique de l'Ouest. Vingt années de mesures en petites parcelles expérimentales**. ORSTOM, coll., Travaux et Documents n078, 108 p.

Roose, E., 1987. **Gestion conservatoire des eaux et de la fertilité des sols dans les paysans soudano-sahéliens d'Afrique Occidentale : stratégies anciennes et nouvelles.** Comm. Séminaire «Gestion des eaux, des sols et des plantes» Niamey 11-16/01/87.

Roose, E., Arabi, M., Brahmia, K., Chebani, R., Mazour, M., Morsli, B., 1993. **Érosion en nappe et ruissellement en montagne méditerranéenne algérienne : synthèse des campagnes 1984-95 sur un réseau de 50 parcelles.** *Cah. ORSTOM Pédol.*, 28, 289-308.

Ruelle, P., Séné, M., Juncker, E., Diatta, M., 1990. **Défense et Restauration des sols. Collection fiches techniques**, 65 p.  
[http://www.dphu.org/uploads/attachements/books/books\\_1122\\_0.pdf](http://www.dphu.org/uploads/attachements/books/books_1122_0.pdf)

Sá, 1999. **Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto.** In: Siqueira, J.O; Moreira, F.M.S.; Lopes, A.S.; Guilherme, L.R.G.; Faquim, V.; Furtini, Neto, A.E. e Carvalho, J.G. (eds.). Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas. Lavras: SBCS, 1999. p.267-319.

Sall, M., 2013. **Loi n° 2013-10 du 28 décembre 2013 portant Code général des Collectivités locales : Exposé des motifs.** 44 p.  
[http://www.au-senegal.com/IMG/pdf/code\\_general6119.pdf](http://www.au-senegal.com/IMG/pdf/code_general6119.pdf)

Samba, A.N.S., Sène, A. and Thomas, I., 2000. **Régénération des ligneux dans le parc à acacia albida.** CNRF, ISRA, Sénégal: 3-23.

Sara, J. S. et Satya, Y., 1997. **Dégradation des sols dans le monde en développement : questions et options décisionnelles pour 2020.** In vision 2020 pour l'alimentation, l'agriculture et l'environnement, Récapitulatif 2020 n°44, 2 p.

Sarmento, P.; Rodrigues, L.R.A.; Cruz, M.C.P., 2008. **Atributos químicos e físicos de um Argissolo cultivado com Panicum maximum Jacq. cv. IPR-86 Milênio, sob lotação rotacionada, e adubado com nitrogênio.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 32, n.1, p.183-193

Sarr, D., Thiam, A. et Garin, P., 1987. **Description d'une Typologie de Structure des Exploitations dans la communauté rurale de Kaymor (Sud région de Kaolack).** ISRA /Département de recherche sur les systèmes agraires et économie rurale. Mai 1987, 18 p.

Sarr, I., 2013. **Atelier de formation des formateurs sur l'utilisation et l'entretien du matériel à traction animale tenu à Thiél dans la région de Louga du 15 au 18 Décembre 2013,** Rapport Département machinisme agricole du CNRA de Bambey, 11 p.

Sarr, S., 2013. **Mécanisation agricole et productivité des filières céréalières : cas du Bassin Arachidier.** Mémoire de fin d'études ENSA 2013, 88 p.

Scopel, E., Triomphe, B., Ribeiro, M. F. S., Séguy, L., Denardin, J. E., Kochann R. A. 2004. « **Direct seeding mulch-based cropping systems (DMC) in Latin America** », In: Proceedings of the 4th International Crop Science Congress, New directions for a diverse planet, Brisbane, Australia, 26 sep. - 1 oct. 2004

Seguy, L. et Bouzinac, 2001. « **Direct seeding on plant cover: sustainable cultivation of our planet's soils** », In: Conservation agriculture, a worldwide challenge, 1<sup>st</sup> World congress on conservation agriculture. 1-5 oct 2001, Madrid, Spain

Seguy, L., Husson, O., Charpentier, H., Bouzinac, S., Michellon, R., Chabanne, A., Boulakia, S., Tivet, F., Naudin, K., Enjalric F., Ramaroson, I., Dramanana, R., 2009. **Principes et fonctionnement des écosystèmes cultivés en semis direct sur couverture végétale permanente**, 32 p.

<http://iarivo.cirad.fr/doc/scv/2ManuelSCVMadaVoli-Chap1v-finale.pdf>

Sène, M. et Garin, P., 1988. **Le travail à la dent sur sol gravillonnaire au Sénégal**. West Africa Animal Traction. Network, Workshop "Animal Traction for Agricultural Development". 218-223

Sène, M. et Diatta, M., 1990. **La place de l'arbre et le rôle des techniques culturales dans l'aménagement du terroir au Sud du Bassin Arachidier du Sénégal**. Réseau Erosion, bulletin n° 11 : 68-81 p.

Sène, M., Perez, P., Rautureau, J., 1991. **Rapport d'activité du programme Gestion des Ressources naturelles 1990**. Doc. interne ISRA Kaolack. 15 p.

Sène, M., Perez, P., Hamelin, G., 1992. **Rapport d'activité du programme Gestion des Ressources naturelles 1991**. Doc. interne ISRA Kaolack. 15 p.

Sène, M., 1997. **Influence de la jachère sur les rendements de sorgho (*Sorghum bicolor* (L.) Moench, variété CE 145-66) en parcelles paysannes au Sénégal**, 6 p.

Side, C. S., 2013. **Stratégie de mécanisation de l'Agriculture familiale en Afrique Subsaharienne inclus Etude de cas du Burkina Faso**. Mémoire de fin d'étude présenté pour l'obtention du diplôme de Mastère spécialisation en Innovations et politiques pour une alimentation durable (IPAD) de Montpellier Sud Agro Institut des Régions Chaudes, 99 p.

Sinnett, D., Morgan G., Williams M., Hutchings T.R., 2008. **Soil penetration resistance and tree root development**. Soil Use and Management, v.24, p.273-280.

Sissoko F. et Autfray P., 2007. **Projet PASE SCV Rapport d'activités 2006**. IER/CIRAD Mali, 104 p.

Smith, D. W., Sims, B. G., O'Neill DH, 1994. **Testing and evaluation of agricultural machinery and equipment**. FAO Agricultural Services Bulletin 110, 274 p.

Soleil, 2012. **Restauration des terres dégradées par l'Institut National de Pédologie. Dans le Sine et le Saloum, on trace les sillons d'espoir**. In Edition du 24-25 Décembre 2012 à la page 6  
<http://fr.calameo.com/read/0002753476b7adc9fc886>

Sousa, D.M.G. e Lobato, E., 2000. **Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto: experiência no cerrado**. In: Reunião brasileira de fertilidade do solo e nutrição de plantas, 24, 2000, Santa Maria. Fertbio 2000. Santa Maria: SBCS, 2000. CD-ROM.

Sow, D., 2005. **Étude économique d'une production test d'arachide de bouche de Qualité dans le Bassin Arachidier (Paoskoto) au Sénégal.** Mémoire de fin d'études ENSA Thiès Sénégal. Février 2005, 55 p.

TCS (Techniques Culturelles Simplifiées), 2006. **Techniques Culturelles Simplifiées.** N°40. Novembre-Décembre, 2 p.

Terre de Touraine, 2014. **Semis direct sous couvert : essais concluants pour le prototype Afdi Touraine,** 1 p.

<https://www.terredetouraine.fr/2014/11/10/semis-direct-sous-couvert-essais-concluants-pour-le-dernier-prototype-afdi-touraine/>

Timossi, P. C., Durigan, J. C., Leite, G. J., 2007. **Formação de palhada por braquiárias para adoção do sistema plantio direto.** *Bragantia*, Campinas, v.66, n.4, p.617-622

Torres, J.L.R., 2003. **Estudo de plantas de cobertura na rotação milho-soja em sistema de plantio direto no cerrado, na região de Uberaba-MG,** 108f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal-SP.

Tria, M. et Chehat, F., 2013. **Typologie des producteurs de pomme de terre dans la région d'ain defla.** Les cahiers du CREAD n°103-2013, 30 p.

Vadon, B., Raguin, M., Marionneau, A., 2011. **Un semoir semis direct innovant pour petite mécanisation et traction animale.** In : Bou zerzour H. (ed.), Irekti H. (ed.), Vadon B. (ed.). 4. Rencontres Méditerranéennes du Semis Direct. Zaragoza : CIHEAM / ATU-PAM / INRAA / ITGC / FERT, 2011. (Option s Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 9 6) p. 227 -229

Valet, S., 1999. **L'aménagement traditionnel des versants et le maintien des cultures associées traditionnelles : cas de l'Ouest Cameroun.** Colloque International " L'homme et l'Erosion ". IRD-CIRAD. BP 5045, Montpellier, 34032, France. 12-15/12/1999. Yaoundé, Cameroun. 17p.

Valet, S., 2011. **Services écologiques : résilience et durabilité des éco-agro-systèmes. Cultures associées multi-étagées traditionnelles innovantes.** Colloque juin 2011-Viet Nam, 8 p.

Vall, E., 1998. **Capacités de travail du zébu, de l'âne et du cheval au Nord-Cameroun. Concept d'adéquation du couple animal-outil.** *Annales de Zootechnie*, 47 : 41-58 p.

West, T.O. and Post, W.M., 2002. **Soil Organic Carbon Sequestration by Tillage and Crop Rotation: A Global Data Analysis.** *Soil Science Society of America Journal*, 66, 1930. <http://dx.doi.org/10.2136/sssaj.2002.1930>

Wiethölter, S., 2000b. **Calagem no Brasil.** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 104 p.

Wiethölter, S., 2000c. **Manejo da fertilidade do Solo no sistema plantio direto: Experiência nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.** In : Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, 24,2000 (Fertbio, 2000), Santa Maria, RS. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 35 p.

## **ANNEXES**

ANNEXE 1

Liste des équipements agricoles acquis par la DMER de 2012 à nos jours

ANNEX 1

List of Agricultural Equipment Acquired by the DMER from 2012 to the Present

ANEXO 1

Lista de equipamentos agrícolas adquiridos pelo DMER de 2012 até o presente.

Equipement	Nombre	Coût	Financement
Semoir Super Eco	60 000 unités	5 Milliards par an pendant au moins 5 ans	Etat du Sénégal – PRACAS (Programme d'équipement du monde rural)
Houe Sine			
Houe Occidentale			
Charrue			
Tracteur 75-78 CV	400	42 Milliards destinés à l'équipement motorisé et accessoires	Programme <b>Plus d'Aliments</b> financé par la République Fédérale Brésilienne
Moissonneuse Batteuse riz 175 CV	10		
Offset 22 disques	400		
Semoir grandes cultures 13 rangs	268		
Semoir maraîcher (oignon et carotte) 4 à 6 rangs	15		
Semoir monograins à 4 roues pneumatiques			
Charrue à 4 socs réversibles	35		
Charrue à 3 disques	80		
Bineuses-fertilisateurs 6 lignes	70		
Herse à dents	20		
Billonneuse à disques	10		
Lames niveleuses	30		
Petite unité familiale de décortiquage et de blanchiment de riz : ZX3, capacité 300 kg/h, moteur diesel, pièces rechanges	50		
Batteuse à riz	30		
Egraineuse maïs (1 à 2 t/h) : cardan ou moteur diesel	39		
Planteuse de manioc	4		
Récolteuses-batteuses épis de maïs	5		
Motoculteurs équipés	80		
Epandeur d'engrais de 1,60 m3	3		

Pulvérisateurs tractés 400 litres	30		
Herse rotative	25		
Epandeur d'engrais (matière organique et phosphaté)	7		
Presse à Huile			
Batteuse arachide 1 à 2 tonnes/h	45		
Arracheuses d'arachide	30		
Mini-mini Rizerie			

Source : DRDR Kaolack et DMER, 2016

## ANNEXE 2

Circulaire de la MAER/DMER fixant les conditions de cession des matériels agricoles motorisés du programme de coopération brésilienne «Plus (+) d'Aliments»

### ANNEX 2

Circular of the MAER / DMER fixing the conditions of the selling price of motorized agricultural equipment begetting from the Brazilian program "Plus (+) Food"

### ANEXO 2

Circular do MAER / DMER que estabelece as condições para a transferência de equipamentos agrícolas motorizados do programa de cooperação brasileira "Mais Alimentos".

S.N.K 21-05-2015  
REPUBLIQUE DU SENEGAL  
Un Peuple – Un But – Une Foi  
  
MINISTRE DE L'AGRICULTURE  
ET DE L'EQUIPEMENT RURAL  
DIRECTION DE LA MODERNISATION  
DE L'EQUIPEMENT RURAL

N° - 1500 /MAER/DMER

Dakar, le 12 JUIN 2015

### CIRCULAIRE

#### Fixant les conditions de cession des matériels agricoles motorisés du programme de coopération brésilienne « Mais Alimentos »

Dans sa volonté d'améliorer la productivité agricole et les conditions de vie du monde rural, l'Etat du Sénégal met en œuvre d'importants programmes d'équipements agricoles. Le programme de coopération avec le Brésil « *Mais Alimentos* » entre dans ce cadre et ambitionne de mettre à la disposition des producteurs sénégalais (*exploitations familiales et/ou coopératives d'exploitations familiales*) du matériel agricole motorisé (tracteurs, motoculteurs, moissonneuses batteuses, ...) à des prix subventionnés par l'Etat à hauteur de 60%.


Les prix de cession aux producteurs des matériels agricoles de la première tranche dudit programme sont fixés à l'annexe 1.

Pour garantir la transparence, les opérations de cession s'effectueront à travers des commissions de supervision, de contrôle et de distribution, que vous voudrez bien créer conformément aux dispositions précisées à l'annexe 2.

A ce titre, afin d'éviter d'éventuels détournements d'objectifs, je vous invite à bien respecter les critères de répartition dudit matériel définis en annexe 3 et faire signer aux bénéficiaires les contrats de performances dont le modèle est joint en annexe 4.

#### Destinataires

- Gouverneurs de Région

  
Dr Papa Abdoulaye SECK

- 1 -

### **Ampliations**

- S.E. Monsieur le Président de la République
  - Monsieur le Premier Ministre
  - Monsieur le Ministre de l'Intérieur
  - Monsieur le Ministre de l'Economie, des Finances et du Plan
  - Monsieur le Président Commission Développement Rural et Aménagement du Territoire de l'Assemblée Nationale
  - Monsieur le Président Commission Développement du Conseil Economique, Social et Environnemental
  - Tous Directeurs Généraux de structures sous tutelle
  - Tous Directeurs Nationaux
  - Tous les Directeurs Régionaux du Développement Rural
  - Sociétés Mandataires de matériels agricoles
-

**Annexe 1 : Liste complète des équipements agricoles de la 1ère tranche du programme de coopération brésilienne « *Maïs Alimentos* »**

Désignation	Prix fournisseurs (FCFA)	Prix de cession aux producteurs (FCFA)	Subvention Etat (FCFA)	Niveau de la Subvention (%)
Tracteurs 75 – 78 CV	19 317 500,00	7 727 000,00	11 590 500,00	60
Offset 22 disques	4 159 245,00	1 663 698,00	2 495 547,00	60
Semoirs grandes cultures, 13 rangs	7 522 480,00	3 008 992,00	4 513 488,00	60
Semoirs pour maraichage (oignon et carotte) 4 à 6 rangs	7 150 000,00	2 860 000,00	4 290 000,00	60
Bineuses - fertilisateurs 6 lignes	2 684 100,00	1 073 640,00	1 610 460,00	60
Herses à dents	1 348 000,00	539 200,00	808 800,00	60
Charrues à 4 socs réversibles	2 203 050,00	881 220,00	1 321 830,00	60
Charrues à 3 disques	1 763 750,00	705 500,00	1 058 250,00	60
Lames niveleuses	831 860,00	332 744,00	499 116,00	60
Moissonneuses batteuses riz, 175 CV	68 558 150,00	27 423 260,00	41 134 890,00	60
Petite unité familiale de décortiquage et de blanchiment du riz: ZX 3, un cycle de traitement, capacité 300kg/h, moteur diesel et pièces de rechange	3 945 000,00	1 578 000,00	2 367 000,00	60
Batteuse à riz	3 705 000,00	1 482 000,00	2 223 000,00	60
Egraineuse de maïs 1 à 2 tonnes/h avec cardan et avec moteur diesel	1 147 500,00	459 000,00	688 500,00	60
Planteuse de manioc	3 162 500,00	1 265 000,00	1 897 500,00	60
Récolteuse - batteuses d'épis de maïs	18 573 750,00	7 429 500,00	11 144 250,00	60
Motoculteurs équipés	7 050 500,00	2 820 200,00	4 230 300,00	60
Epandeur d'engrais de 1.60 m3	4 042 920,00	1 617 168,00	2 425 752,00	60
Remorques 2 à 6 tonnes	3 566 000,00	1 426 400,00	2 139 600,00	60
Billonneuses à Disques	2 616 060,00	1 046 424,00	1 569 636,00	60
Pulvérisateurs tractés de 400 litres	1 980 000,00	792 000,00&a	1 188 000,00	60
Herse rotative	2 417 915,00	967 166,00	1 450 749,00	60
Epandeur d'engrais (matière organique et phosphate)	2 549 500,00	1 019 800,00	1 529 700,00	60
Batteuse arachide 1 à 2 tonnes/h	11 660 000,00	4 664 000,00	6 996 000,00	60
Aracheuses d'arachides	7 580 325,00	3 032 130,00	4 548 195,00	60

## **Annexe 2 : Composition et rôle des commissions de supervision, de contrôle et de distribution de matériels agricoles subventionnés**

Dans le cadre du programme équipement du monde rural, il est institué des commissions de supervision, de contrôle et de distribution de matériels agricoles subventionnés au niveau régional et départemental.

### **1. Niveau Régional**

#### **1.1. Attributions**

La commission aura pour mission de :

- ✓ procéder à la mise en place des équipements au niveau des départements en tenant strictement compte des caractéristiques pédoclimatiques des zones, des productions agricoles antérieures, des objectifs de productions du PRACAS/PSE, du niveau d'équipement et des opportunités agricoles (disponibilité en terres arables et en eau d'irrigation);
- ✓ veiller à la régularité des opérations de sélection des bénéficiaires au niveau départemental.

#### **1.2. Composition**

Elle est ainsi composée :

Président	: Gouverneur
Vice Président	: Directeur Régional du Développement Rural (DRDR)
Secrétariat	: Agence Nationale de Concertation et de Conseil Agricole et Rural (ANCAR)
Membres	: Elus locaux
	: Deux (02) représentants des Services Départementaux du Développement Rural (SDDR)
	: Deux (02) représentants de l'Agence Nationale de Concertation des Ruraux (ANCR)
	: Trois (03) organisations de femmes très dynamiques
	: Trois (03) organisations de producteurs les plus représentatives ( <i>choix laissé à l'appréciation du gouverneur</i> )

**NB:** La validation finale des choix techniques des commissions régionales et/ou départementales demeure la responsabilité exclusive de la Direction Régionale du Développement Rural.

### **2. Niveau départemental**

#### **2.1. Attributions**

La commission est chargée de recueillir les demandes des producteurs et de procéder à la sélection des personnes physiques ou morales, éligibles au programme de ces équipements sur la base du quota alloué au département par la commission régionale.

#### **2.2. Composition**

La Commission est composée ainsi qu'il suit :

Président	: Préfet ;
Vice Président	: SDDR ;
Secrétariat	: ANCAR;
Membres	: Elus locaux;
	: Deux (02) représentants des SDDR;
	: Deux (02) représentants des collectivités locales;
	: Un (01) représentant des organisations de producteurs les plus représentatives ( <i>choix laissé à l'appréciation du Préfet</i> )

**Annexe 3 : la répartition provisoire du matériel agricole du programme de coopération brésilienne « *Maïs Alimentos* » par région**

Désignation	Quantité	Diourbel	Fatick	Kaolack	Louga	Kaffrine	Kolda	Tamba	Thiès	Matam	Ziguinchor	Sédhiou	Kédougou	Saint louis	Dakar	Gros producteurs
Tracteurs 75 – 78 CV	400	30	21	22	25	30	40	32	25	25	25	20	15	30	20	40
Offset 22 disques	400	30	21	22	25	30	40	37	25	25	25	20	15	30	20	40
Semoirs grandes cultures, 13 rangs	268	25	26	27	25	30		37	25	25			15		13	20
Semoirs pour maraichage (oignon et carotte) 4 à 6 rangs	15				4				5						6	
Bineuses - fertiliseurs 6 lignes	70				20				25						25	
Herses à dents	20				4				6						10	
Charrues à 4 socs réversibles	35									10	10	10	5			
Charrues à 3 disques	80		10	15		20		15			10			10		
Lames niveleuses	30				5				10						15	
Moissonneuses batteuses riz, 175 CV	10						3			3				4		
Petite unité familiale de décortiquage et de blanchiment du riz: ZX 3, un cycle de traitement, capacité 300kg/h, moteur diesel et pièces de rechange	50		8			6	10	6		10		10				10
Batteuse à riz	30		10								10	10				
Egraineuse de maïs 1 à 2 tonnes/h avec cardan et avec moteur diesel	39		13	13		13										
Planteuse de manioc	4								4							
Récolteuse - batteuses d'épais de maïs	5		2	1		2										
Motoculteurs équipés	80						10	10	10		10	10	10			20
Epandeur d'engrais de 1.60 m3	3				3											
Remorques 2 à 6 tonnes																
Billonneuses à Disques	10				4				6							
Pulvérisateurs tractés de 400 litres	30				10			5	10					5		
Herse rotative	25				9				11					5		
Epandeur d'engrais (matière organique et phosphate)	7				3			2	2							
Batteuse arachide 1 à 2 tonnes/h	45	10	5	8	7	8										7
Aracheuses d'arachides	30	10	2	5	3	10										

**Annexe 4 : Modèle de contrat de performance pour la cession**

REPUBLIQUE DU SENEGAL  
Un Peuple – Un But – Une Foi

N° \_\_\_\_\_ MAER/DMER

-----  
MINISTRE DE L'AGRICULTURE ET DE  
L'EQUIPEMENT RURAL



PROGRAMME DE COOPERATION BRÉSILIENNE « MAIS ALIMENTOS »

2014/2015  
-----

**MODELE DE CONTRAT DE PERFORMANCES  
POUR LA CESSION DES EQUIPEMENTS AGRICOLES  
(Le "Contrat")**

**Entre**

L'Etat du Sénégal, représenté par le Gouverneur de la région de ..... (ci-après désigné "Gouverneur")

**D'une part**

Le producteur ou L'organisation paysanne dénommée

....., représentée par Monsieur/Madame

.....domicilié (e) à (village)

.....(CL).....(ci-après

désigné "Le Bénéficiaire")

**D'autre part**

(Ci-après désigné les "Parties").

Considérant que

Dans le cadre de la mise en œuvre du programme de coopération brésilienne « *Mais Alimentos* » pour une sécurité alimentaire durable, le Ministère de l'Agriculture et de l'Équipement Rural (MAER) met à la disposition des exploitations familiales du matériel agricole motorisé (tracteurs et équipements agricoles attelés) subventionnés à hauteur de 60%.

Par la présente, les Parties s'engagent à contribuer à la réalisation des objectifs du Programme d'Accélération de la Cadence de l'Agriculture Sénégalaise (PRACAS), volet agricole du Plan Sénégal Emergent (PSE) et, à cet égard, sont convenues de ce qui suit :

**Article 1. Objet du Contrat**

Le programme porte sur la mise à la disposition du Bénéficiaire d'un/ou des équipement(s) agricole(s) formulé(s) dans sa demande et notifié(s) par la commission.

Le Bénéficiaire accepte de recevoir le Matériel (ci-après défini) qui reste la propriété du MAER jusqu'au terme du Contrat comme précisé à l'Article 5.1.

#### **Article 2. Identification et valeur du matériel**

Le Bénéficiaire accuse réception du Matériel mis à sa disposition par Le Gouverneur selon les termes et conditions définies aux présentes et qui se compose comme suit :

- équipement(s) agricole(s) formulé(s) dans sa demande et notifié(s) par la commission avec mention des caractéristiques techniques et le prix fournisseur en F CFA ;
- un lot d'accessoires tractés, choisis par le bénéficiaire conformément à l'annexe 3.

#### **Article 3. Engagement du Gouverneur**

Le Gouverneur consent à mettre au profit du Bénéficiaire le Matériel sus visé tant que ce dernier respectera ses engagements tels que prévus au présent contrat.

Le Gouverneur s'engage à appuyer les utilisateurs dans la mise en route, les formations techniques, financières et managériales par le biais des services compétents du MAER et/ou des sociétés mandataires AGRIPRO et/ou TSE au suivi de l'utilisation du matériel.

Le Gouverneur s'engage à transférer la propriété du Matériel au Bénéficiaire au terme du Contrat comme prévu à l'Article 5.1. du présent Contrat.

#### **Article 4. Engagement de performances, de renouvellement et de maintenance**

##### **Article 4.1. Engagement de performances du bénéficiaire (ex. tracteur)**

Le Bénéficiaire s'engage à atteindre les performances selon le type de matériel demandé et notifié. A titre d'exemple, les performances d'un tracteur se résument comme suit:

- exploiter annuellement l'intégralité de la superficie déclarée de l'exploitation identifiée et authentifiée par le MAER à travers ses services déconcentrés, soit .....ha (minimum) ;
- récolter ou labourer au minimum .... ha par jour durant toutes les périodes de travail du sol et/ou de récolte ;
- pratiquer la double culture annuelle dans les limites permises par les conditions climatiques et techniques telles que attestées par les services compétents du MAER ;
- respecter les tarifs des prestations mécanisées, le cas échéant, fixés par une commission qui sera créée à cet effet.

##### **Article 4.2. Engagement de renouvellement**

Aux fins d'assurer le renouvellement du matériel, Le Bénéficiaire s'engage à alimenter un compte d'amortissement à hauteur d'un cinquième de la valeur contractuelle du Matériel mis à sa disposition par le Gouverneur de façon à en reconstituer le prix de cession au bout de 5 à 6 ans.

Le compte d'amortissement sera ouvert dans les livres d'une banque identifiée d'accord parties et fonctionnant dans des conditions et suivant les modalités définies conformément aux termes du présent contrat.

Le Bénéficiaire s'engage à **ne procéder à aucune vente ou aliénation du Matériel**, à ne consentir aucune sûreté ou garantie à des tiers pour les besoins de financement et à ne pas utiliser le matériel à des fins autres que celles prévues au présent contrat.

#### **Article 4.3. Engagement de maintenance**

Aux fins d'optimiser l'utilisation et les performances du Matériel mis à disposition par Le Gouverneur, Le Bénéficiaire s'engage à entretenir correctement et à réparer toutes défaillances du Matériel. Pour ce faire, la tenue correcte d'un carnet de bord, support indispensable pour le suivi des performances du matériel, est obligatoire.

#### **Article 4.4. Engagement financier**

Le Bénéficiaire s'engage à verser dans un compte spécial ouvert à la CNCAS par le MAER, soit par fond propre, soit par financement bancaire, sa contrepartie financière, correspondant au prix de cession aux producteurs, avant enlèvement du matériel.

Ces fonds seront dédiés au remboursement progressif de la dette, au rachat d'autres matériels agricoles et à des activités liées à la mécanisation au bénéfice exclusif des producteurs.

### **Article 5. Durée et résiliation du Contrat**

#### **5.1 Durée**

Le Contrat est conclu pour une durée de cinq (05) ans.

#### **5.2 Résiliation**

Le Contrat peut être résilié par l'une des Parties après l'expiration d'un préavis de deux (02) mois, notifié selon les usages du secteur et resté sans suite recevable.

Le Gouverneur, en cas de manquement imputable au Bénéficiaire au titre du Contrat, résilie sans préavis le présent Contrat.

Dans le délai de quinze (15) jours à compter de la date de résiliation, Le Bénéficiaire s'oblige à restituer le Matériel en état correct de fonctionnement au Gouverneur ou à toute autre personne physique ou morale instruite à cet effet par ce dernier.

**Article 6. Juridiction et lois applicables**

Le présent Contrat est soumis à la loi sénégalaise.

Tout différend dans l'application ou l'interprétation du Contrat relève de la compétence des tribunaux sénégalais.

Fait à ....., le..... 2015

En trois exemplaires.

**Le Bénéficiaire**

**Le Gouverneur**

M.....

M.....

ANNEXE 3

Comparaison des prix de vente industriel et artisanal de certaines pièces de rechange du semoir Super Eco

ANNEX 3

Comparison of industrial and artisanal selling prices of certain spare parts of the animal powered seeder « Super Éco»

ANEXO 3

Comparação dos preços de venda industrial e artesanal de certas peças sobressalentes da semeadora Super-Éco.

N°	Appellation location des pièces	Désignation	Prix TTC industriel en francs CFA	Prix TTC artisanal en francs CFA	Différence de prix en %
01	Pignon boîte	Pignon à 8 dents	7788	750 à 1000	938,4 – 678,8
02	Konke/larmette	Soc semeur	6962	1000	596,2
03	Vis à barrette	Vis à barrette	1770	500	254
04	Narane	Roue plumbeuse complète	29500	2500	1080
05	Axe Narane	Axe roue plumbeuse	826	300	175,3
06	Iler	Rasette	2242	250	796,8
07	Iler thieneware	Rasette+ Etançon	8850	2600	240,3
08	Disque	Disque à trou/à crans	5074	400 à 700	1168,5- 624,8
09	Disque Coudou	Disques cuillères	5074	250	1929,6
10	Palonnier	Palonnier	2950	1000	195
11	Boîte	Boîte complète	100300	23000 à 29000	336 – 245,8
12	Engrenage	Disque de commande	14160	1250 à 2500	1032,8 – 466,4
13	Mégué kaname	Roues avant complètes	11210	NF	
14	Mbeupe	Fond de trémie	472	700	-32,5
15	Axe mégué kaname	Essieu roues avants	7670	800 à 1500	858,7 – 411,3
16	Mbande	Trémie	6490	7500	-13,4
17	Vis Khandiar	Ecrou moleté de	1298	350 à 500	270,8 – 159,6

		distribution			
18	Ressort	Ressort des disques	590	100	490
19	Gouye gui	Ergot	944	1250 à 2500	-24,48 à -62,24
20	Mérou	Cloison	1062	500	112,4
21	Plateau-carter	Plaque fond de carter	17700	5000 à 6000	254 - 195
22	Pouroukhe	Goulotte de descente	2360	1000	136
23	Boîte ou carter	Carter de mécanisme	NF	15000 à 16000	
24	Thiene-ware	Semoir super éco	236295	50000 à 125000	372,59 – 89,03

Source : Nos enquêtes 2016

ANNEXE 4

Prix de cession des matériels agricoles du programme d'équipement du monde rural durant la période 2014/2015

ANNEX 4

Sale price of the agricultural equipment of the rural equipment program during the period 2014/2015

ANEXO 4

Preço de venda de equipamentos agrícolas do programa de equipamentos do mundo rural no período 2014/2015.

N° - 0966

SNK 07-04-2015  
REPUBLIQUE DU SENEGAL

SECTION DE LA MODERNISATION  
ET DE L'EQUIPEMENT RURAL

**ISRA**

**CIRCULAIRE**

**TRÈS URGENT**

*Alkhou...*

Fixant les prix de cession des matériels agricoles  
du programme d'équipement du monde rural 2014/2015

Dans sa volonté d'améliorer les conditions de vie du monde rural, l'Etat du Sénégal a mis en œuvre un programme ambitieux d'équipements agricoles dénommé « Programme Equipement du Monde Rural », en vue de mettre à la disposition des exploitations familiales du matériel agricole à des prix subventionnés.


Les prix de cession aux producteurs des matériels agricoles du programme équipement du monde rural 2014/2015 sont fixés ainsi qu'il suit :

**Tableau 1 : Matériels agricoles légers**

Désignation	Prix Fournisseurs (FCFA)	Prix de cession aux producteurs (FCFA)	Subvention Etat (FCFA)	Niveau de la Subvention (%)
Semoirs mono rang	225 295	70 820	165 415	70
Houes Occidentales	57 065	20 120	46 945	70
Houes Sine Gréco	94 961	28 480	66 481	70

**Destinataires**

- Gouverneurs de Région
- Fournisseurs de matériels agricoles (SISMAR)

  
**Dr Papa Abdoulaye SECK**

**ARRIVEE BAMBEY**  
LE .....16.AVR.2015.....  
SOUS LE N°.....376.....

INSTITUT SENEGALAIS DE RECHERCHES AGRICOLES  
ARRIVEE DG  
N° 1282 du 14 - 4 - 15

ANNEXE 5

Effectif de total des chefs d'exploitation agricole du Sud du Bassin Arachidier enquêtés

ANNEX 5

Total number of farm managers in the South Peanut Basin surveyed

ANEXO 5

Número total de produtores pesquisados no Sul da Bacia do Amendoim.

Région	Département	Commune/CR	Village	Nbre Producteurs	
Fatick	Fatick	Niakhar	Niakhar	3	
			Mbane	3	
			Nianiane	3	
		Djilasse	Djilasse	3	
			Ngarigne	3	
			Soudiane Balla	3	
	Fouliougne	Djilor	Djilor	3	
			Keur ngary	3	
			Keur Bodji	3	
		Diossong	Diossong	3	
			Keur babou kany	3	
			Keur Sette	3	
	Kaffrine	Kaffrine	Boulel	Boulel Goumack	3
				Lanel	3
				Medina Torodo	3
Kahi			Kahi	3	
			Toune Mosquée	3	
			Diakhao Saloum	3	
Malème Hodar		Sagna	Sagna	3	
			Thialene	3	
			Nguethie	3	
Mbirkilane		Mabo	Mabo	3	
Kaolack		Kaolack	Keur Baka	Keur Baka	3
				Mbousso	3
	Santhiou Mbutou			3	

		Latmingué	Latmingué	3
			Keur Diam Diary	3
			Keur Yorodou Ouolof	3
	Nioro	Paoskoto	Paoskoto	3
			Venthieny	3
			Barkevel	3
		Porakhane	Porokhane	3
			Darou Mougnaquene	3
			Keur Sountou	3
	TOTAL			

ANNEXE 6

Pignons satellitaires de 10 (en haut) et 16 (en bas à gauche) dents issus de pont de véhicule qui sont utilisés comme mécanisme de distribution pour le second type de semoir artisanal

ANNEX 6

Satellite gears of 10 (top) and 16 (bottom left) teeth getting from the gear box of car that are used as a timing mechanism for the second type of animal powered seeder developing by artisan

ANEXO 6

Pinhões de 10 (topo) e 16 (inferior esquerda) dentes da caixa de transmissão no acionamento do mecanismo de distribuição da semeadora artesanal.



ANNEXE 7  
 Liste de l'équipement de travail disponible dans l'atelier de l'Artisan  
 ANNEX 7  
 List of tools available in the Artisan workshop  
 ANEXO 7  
 Lista de equipamentos disponíveis na oficina do artesão pesquisado.

Nature	Nombre	Etat		
		Bon	Moyen	Défectueux
Ventilo de forge	01	X		
Poste soudure à l'arc	01	X		
Perçuseuse	01	X		
Meuleuse à main	01	X		
Scie à métaux manuelle	01	X		
Etaux	01	X		
Enclumes	01	X		
Table paire	01	X		
Chignoles	01	X		
Régle	01	X		
Equerre	02	X		
Pointeau	04	X		
Compas	02	X		
Etable	01	X		
Rail	02	X		
Tampon	03	X		
Gabarit ou maquette de travail	10	X		
Caisse à outils	Fourni	X		

ANNEXE 8

Diverses taxes appliquées aux différentes matières premières utilisées dans la construction de matériels agricoles au Sénégal

ANNEX 8

Various taxes applied to the different raw materials used in the construction of agricultural machinery in Senegal

ANEXO 8

Diversos impostos aplicados às diferentes matérias-primas utilizadas na construção de máquinas agrícolas no Senegal.

Désignation commerciale	Positions tarifaires	DD	TVA	RS	PCC	PCS	Taux cumulé
Fer plat	7214.99.00.00	20,00	18,00	1,00	0,50	1,00	44.28
Fer carré	7214.99.00.00	20,00	18,00	1,00	0,50	1,00	44.28
Fer à U	7216.31.00.00	20,00	18,00	1,00	0,50	1,00	44.28
Tube rectangle	7306.61.00.00	20,00	18,00	1,00	0,50	1,00	44.28
Tube creux	7304.3190.00	20,00	18,00	1,00	0,50	1,00	44.28
Tube rond plein	7305.90.90.00	20,00	18,00	1,00	0,50	1,00	44.28
Fer long lisse	7206.90.00.00	5,00	18,00	1,00	0,50	1,00	26.58
Tôle	7314.50.00.00	20,00	18,00	1,00	0,50	1,00	44.28
Tôle acier	7314.50.00.00	20,00	18,00	1,00	0,50	1,00	44.28
Boulon	7318.15.00.00	20,00	18,00	1,00	0,50	1,00	44.28
Peinture	3208.20.00.00	20,00	18,00	1,00	0,50	1,00	44.28
Diluant	38.14	10,00	18,00	1,00	0,50	1,00	32.48
Pot de graisse	1518.00.00.00	20,00	18,00	1,00	0,50	1,00	44.28
Baguette à souder	8311.30.00.00	20,00	18,00	1,00	0,50	1,00	44.28
Disque coupeur	8202.99.00.00	10,00	18,00	1,00	0,50	1,00	32.28
Meule	8205.59.00.00	20,00	18,00	1,00	0,50	1,00	44.28

Source : Direction Générale des Douanes (DGD), 2016

## ANNEXE 9

Coût de production du semoir de semis direct sous couvert végétal permanent version Super Éco

## ANNEX 9

Cost of production of the animal powered no-till seeder « Super Éco »

## ANEXO 9

Custo de produção da semeadora de plantio direto versão Super Éco.

Matière première	Type	Partie du semoir	Dimension usine (m)	PU en TTC	Quantité	Unité	Montant en TTC
Fer plat	30 x 12	Gorge	5,8	2068,97	0,52	m	1075,86
	30 x 10	Cadre	5,8	1668,10	2,3	m	3836,64
	30 x 8	Soc-semeur	5,8	1362,07	1,1	m	1498,28
	30 x 6	Disque cisaille	5,8	878,45	0,42	m	368,95
	40 x 6	Roue avant	5,8	1206,90	3,14	m	3789,66
	25 x 10	Bras	5,8	879,31	2,14	m	1881,72
	25 x 6	Disque cisaille	5,8	750,86	0,15	m	112,63
	20 x 5	Contre-bras	5,8	1206,90	1,27	m	1532,76
Fer rond lisse	10	Soc-semeur	5,8	689,66	0,08	m	55,17
	8	Rayon roue avant	5,8	551,72	3,57	m	1969,66
	3	Ressort	5,8	275,86	0,15	m	41,38
Fer rond plein	40	Moyeu roue avant	5,8	7500,00	0,12	m	900,00
	20	Axe roue avant	5,8	3200,00	0,44	m	1408,00
Cornière	35 x 35	Support du traceur	5,8	1508,62	0,4	m	603,45
Tôle	5	Plaque de fond de carter	2 x 1	42000,00	0,8	m	33600,00
	4	Disque commande, roue plombeuse, soc-semeur	2 x 1	32500,00	0,6	m	19500,00
	3	Carter	2 x 1	27750,00	1	m	27750,00
	2	Disque cisaille	2 x 1	21000,00	0,88	m	18480,00
	1	Trémie	2 x 1	19500,00	1	m	19500,00
Tube rond	30	Poignet	5,8	1324,14	0,24	m	317,79
Boulons	12 x 100	Roue	6,8	400,00	3	u	1200,00

		plombeuse,					
	12 x 40	Support soc- semeur	6,8	209	2	u	418,00
	12 x 30	Fixation du soc semeur sur le cadre	6,8	177,00	2	u	354,00
	10 x 30	Support roue plombeuse	6,8	130,00	4	u	520,00
	8 x 50	Fixation disque cisaille sur le cadre	6,8	110,00	5	u	550,00
	8 x 30	Fixation de la plaque fond de carter avec la trémie	6,8	66,00	4	u	264,00
	6 x 30	Fixation du fond de trémie avec trémie	6,8	43	7	u	301,00
	5 x 20	Support goulotte de descente	6,8	20,00	2	u	40,00
Vis H	8 x 20	Fixation de la plaque avec fond de trémie		150,00	2	u	300,00
	6 x 11	Fixation disque de commande avec axe des disques		100,00	1	u	100,00
<b>Aluminium</b>	<b>5</b>	Roue plombeuse		<b>850,00</b>	<b>10</b>	<b>kg</b>	<b>8500,00</b>
Roulement	6203			1500,00	1	u	1500,00
Pignon	8			750,00	1	u	750,00
Disque de commande	24			1250,00	1	u	1250,00
Electrode enrobée	Ø 2,5			25,00	20	u	500,00
Disque à	Ø 115			1500,00	1	u	1500,00

meuler							
Diluant	1L			700,00	3	l	2100,00
Graisse				5225,00	0,3	kg	1567,50
Peinture	1kg			2000,00	1	kg	2000,00
<b>Coût de la matière première (TTC)</b>							<b>161936,44</b>
<b>Coût de la main d'œuvre (TTC)</b>							<b>15000,00</b>
	Location						5000,00
<b>Fonctionnement</b>	Electricité						15000,00
	Eau						0,00
	Transport						5000,00
	Gardiennage						0,00
	Communication						3000,00
	Autres						0,00
	<b>Coût de fonctionnement (TTC)</b>						<b>28000,00</b>
<b>Coût de production du matériel sortie d'usine (TTC)</b>							<b>204936,44</b>

ANNEXE 10  
 Table de performances de l'âne, du cheval et du bovin Zébu  
 ANNEX 10  
 Table of performances of the donkey, the horse and the cattle Zebu  
 ANEXO 10  
 Tabela de desempenho de asininos, equinos e bovinos de origem zebuina.

Espèces	PV (Kg)	F (daN)																			
		10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	
Ane	10	d	5:4	3:4	2:0	1:0															
		v	6	3	9	4															
	15	d	3,2	2,7	2,4	2,2															
		v	0	3	0	2															
	UFC	d	1,8	1,7	1,5	1,4															
		v	6:0	5:4	4:2	3:0	2:0	1:2													
Cheval	20	d	0	6	1	8	9	3													
		v	3,6	3,2	2,8	2,6	2,4	2,2													
	25	d	0	0	7	0	0	6													
		v	2,4	2,4	2,3	2,2	2,1	2,0													
	30	d	7:0	7:0	6:5	5:4	4:3	3:3	2:4	1:5	1:0	0:3									
		v	0	0	4	3	8	7	3	3	9	0									
UFC	d	3,3	3,3	3,3	3,3	3,2	3,1	3,0	2,8	2,6	2,4										
	v	1	5	6	3	7	7	4	7	7	4										
Bovin Zébu	25	d	3,0	3,2	3,5	3,5	3,4	3,2	3,0	2,7	2,5	2,3									
		v	7:0	7:0	7:0	6:5	5:5	5:0	4:1	3:2	2:4	2:0	1:2								
	30	d	0	0	0	4	7	3	3	6	3	2	6								
		v	3,2	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,2	3,1	3,0	2,9	2,7								
	UFC	d	8	3	6	6	4	3,3	4	5	4	1	6								
		v	3,4	3,7	3,9	4,2	4,2	4,1	3,9	3,8	3,6	3,3	3,1								
30	d	7:0	7:0	7:0	7:0	6:5	6:0	5:2	4:3	3:5	3:1	2:4	2:0	1:3	1:0						
	v	0	0	0	0	4	6	1	8	7	9	3	9	8	9						
UFC	d	3,2	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,2	3,2	3,1	3,0	2,9	2,8	2,6						
	v	6	1	4	6	6	5	2	7	1	3	4	3	1	7						

	UFC	3,8	4	4,3	4,6	4,9	4,9	4,8	4,7	4,5	4,3	4,1	3,8	3,6	3,4					
30	d	7:0	7:0	7:0	6:4	6:2	5:5	5:2	4:3	3:4	2:5	1:4	0:3							
		0	0	0	6	4	6	0	8	8	2	8	8							
	0 v	3,5	3,3	3,1	2,9	2,8	2,6	2,5	2,4	2,3	2,2	2,2	2,1							
	UFL	6,0	6,2	6,4	6,5	6,4	6,3	6,2	5,9	5,5	5,1	4,6	3,9							
40	d	7:0	7:0	7:0	7:0	6:5	6:4	6:2	6:0	5:3	5:1	4:3	4:0	3:2	2:3	1:4	0:3			
		0	0	0	0	4	1	4	3	9	0	8	1	1	7	8	8			
	0 v	3,6	3,4	3,3	3,1	3,0	2,9	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4	2,3	2,3	2,2	2,2	2,1			
	UFL	7,4	7,6	7,8	8,0	8,1	8,2	8,1	8,1	7,9	7,7	7,4	7,1	6,7	6,2	5,7	5,0			
50	d	7:0	7:0	7:0	7:0	7:0	6:5	6:4	6:3	6:2	6:0	5:4	5:2	5:0	4:3	4:0	3:3	3:0	2:2	1:4
		0	0	0	0	0	8	9	8	4	8	9	8	4	8	9	7	4	7	8
	0 v	3,6	3,5	3,4	3,3	3,2	3,0	3,0	2,9	2,8	2,7	2,6	2,5	2,5	2,4	2,3	2,3	2,2	2,2	2,2
	UFL	8,7	9,0	9,2	9,4	9,6	9,8	9,8	9,8	9,8	9,7	9,6	9,4	9,2	8,9	8,6	8,2	7,7	7,2	6,7

Légende : UFC : besoin du cheval/âne en énergie (unité fourragère cheval) ; UFL : besoin du Zébu en énergie (unité fourragère lait) ; PV : Poids vif ou poids vide des animaux, V : vitesse moyenne en km/h ; d : durée du travail en h : mn.

Source :

Vall,

1998

ANNEXE 11

Modifications des dimensions du prototype de semoir semis direct sous couvert végétal permanent comparées avec le semoir Super Éco

ANNEX 11

Modifications of the dimensions of the prototype of the animal powered no-till seeder « Super Éco » compared with the animal powered seeder « Super Éco »

ANEXO 11

Modificações das dimensões do protótipo de uma semeadora de plantio direto versão Super Éco em comparação com a semeadora Super Éco convencional.

Points de mesure	Dimensions		Unité
	Semoir SDCVP- éco	Semoir Super éco	
Longueur Châssis	930	1070	mm
Longueur gorge-roue plombeuse	850	920	mm
Longueur palonnier	500	500	mm
Diamètre roue avant	520	400	mm
Diamètre axe roue avant	16	16	mm
Longueur axe roue avant	440	380	mm
Rayon roue avant	235	180	mm
Hauteur Sol-cadre	240	165	mm
Axe roue avant-axe roue plombeuse	520	640	mm
Longueur poignet mancheron	120	140	mm
Hauteur roue avant-trémie	100	50	mm
Support roue plombeuse	165	135	mm
Diamètre axe roue plombeuse	12	12	mm
Longueur axe roue plombeuse	120	120	mm
Longueur bride support du carter	50	50	mm
Longueur des contre-bras	360	360	mm
Longueur des bras	1100	1070	mm
Longueur dépliée de l'entretoise	600	573	mm
Longueur support traceur de semis	25	25	mm
Hauteur Sol-poignet	845	900	mm
Largeur cadre	154	153	mm
Longueur totale Semoir	1680	1250	mm
Poids total machine	45	25	kg

ANNEXE 12

Séance de travail avec le semoir SDCVP-éco sur parcelle de couverture végétale à la station de recherche ISRA -Nioro du Rip au Sénégal

ANNEX 12

Work session with the animal powered no-till seeder «Super Éco» on plot of cover crop at research station of ISRA Nioro of Rip in Senegal

ANEXO 12

Trabalho com a semeadora de plantio direto versão Super Éco na parcela experimental da estação de pesquisa ISRA-Nioro du Rip no Senegal.



ANNEXE 13

Prix de vente des matériels agricoles de fabrication artisanale dans le Sud du Bassin

Arachidier

ANNEX 13

Sale price of local agricultural equipment fabricated by artisan in the South Peanut Basin

ANEXO 13

Preços de venda de máquinas agrícolas de construção artesanal na Bacia Sul do Amendoim.

Outils agricoles	Kaffrine		Kaolack		Fatick	
	Moyenne (Fcfa)	Maxi –Mini (Fcfa)	Moyenne (Fcfa)	Maxi –Mini (Fcfa)	Moyenne (Fcfa)	Maxi –Mini (Fcfa)
Semoir super éco	80000	150000 - 65000	74642,86	125000 - 50000	90000	100000 - 80000
Houe Sine	42200	70000 - 30000	36833,33	60000 - 20000	39375	60000 - 15000
Houe occidentale	24264,71	35000 - 15000	20557,69	40000 - 10000	22636,36	30000 - 13000
Souleveuse arara	40153,85	60000 - 27000	46441,18	90000 - 17500	28181,82	40000 - 15000
Charrette équine	131379,31	160000 - 120000	128750,00	175000 - 110000	131600	175000 - 100000
Charrette asine	85000,00	110000 - 60000	84047,62	150000 - 70000	80652,17	100000 - 30000

ANNEXE 14  
 Analyses de sol effectuées sur le dispositif expérimental  
 ANNEX 14  
 Soil analysis carried out on the experimental design  
 ANEXO 14  
 Análise do solo realizados nas parcelas experimentais.

Années	Echantillon de sol prélevé	Horizons (cm)	pHeau	C(%)	N(%)	C/N	Bases échangeables (méq/100g)					Granulométrie		
							Ca2+	Mg2+	K+	Na+	Somme (S)	A %	L%	S%
2016/2017	Composite (Répétition 1)	0-10	5,11	0,347	0,032	10,72	2,347	0,177	0,038	0,154	2,716	2,25	5,74	92,02
		10-20	5,00	0,402	0,032	12,43	2,090	0,208	0,049	0,174	2,521	4,74	6,23	89,03
		20-40	5,12	0,415	0,038	10,92	2,231	0,243	0,074	0,198	2,746	6,89	6,39	86,72
	Composite (Répétition 2)	0-10	5,20	0,374	0,031	11,90	2,658	0,321	0,045	0,176	3,200	2,53	5,05	92,42
		10-20	4,99	0,347	0,032	10,74	2,691	0,511	0,053	0,148	3,403	4,49	5,23	90,28
		20-40	4,88	0,132	0,014	9,78	2,945	0,202	0,066	0,159	3,372	7,32	4,29	88,39
	<b>Moyenne</b>	<b>0-10</b>	<b>5.15</b>	<b>0.36</b>	<b>0.03</b>	<b>11.31</b>	<b>2.50</b>	<b>0.25</b>	<b>0.04</b>	<b>0.16</b>	<b>2.96</b>	<b>2.39</b>	<b>5.39</b>	<b>92.22</b>
		<b>10-20</b>	<b>4.99</b>	<b>0.37</b>	<b>0.03</b>	<b>11.58</b>	<b>2.39</b>	<b>0.36</b>	<b>0.05</b>	<b>0.16</b>	<b>2.96</b>	<b>4.61</b>	<b>5.73</b>	<b>89.65</b>
		<b>20-40</b>	<b>5</b>	<b>0.27</b>	<b>0.03</b>	<b>10.35</b>	<b>2.59</b>	<b>0.22</b>	<b>0.07</b>	<b>0.19</b>	<b>3.06</b>	<b>7.10</b>	<b>5.34</b>	<b>87.55</b>

ANNEXE 15  
Difficultés rencontrées lors de l'étude  
ANNEX 15  
Difficulties encountered during the study  
ANEXO 15  
Dificuldades encontradas durante o estudo.

Durant le déroulement de notre séjour doctoral au Sénégal, un certain nombre de difficultés liées aux bons fonctionnements de nos activités ont été notées à savoir :

- le manque méthodologie dans la collecte des semences de *brachiaria* où il nous a fallu recourir aux moyens du bord pour au moins collectionner les semences mures tombées à terre ;

**Figure 69.** Récolte manuelle des semences de *brachiaria* arrivées à maturité  
**Figure 69.** Manual harvest of mature *brachiaria* seeds  
**Figura 69.** Colheita manual de sementes de *brachiaria* maduras.



- Manque d'espace au niveau de l'étuve pour la détermination des biomasses aériennes du mil du mil associé aux *brachiaris* car nous étions obligés de faire des tours et de réduire le nombre d'échantillon afin que chaque programme puisse y trouver son

compte. En effet, il arrivait que des échantillons soient acheminés par d'autres programmes à Bambey dans la région de Diourbel ou même qu'ils soient perdus à jamais. C'est pourquoi, nous n'avons pas travaillé avec les biomasses aériennes du mil associé ;

**Figure 70.** Séchage à l'air libre de la biomasse aérienne issue des parcelles de multiplication de semences

**Figure 70.** Drying of aerial biomass from the plots of the seed multiplication in the open air

**Figura 70.** Secagem aberta da biomassa aérea obtido nas parcelas de multiplicação de sementes.



- Feu de brousse survenu au niveau de la station au mois de février détruisant beaucoup de matériels au niveau de la station. C'est Pour celà nous étions obligés de nettoyer les alentours de l'essai et de créer un pare-feu qui permettra de stopper la progression du feu ;

**Figure 71.** Feu de brousse survenu au mois de Février 2017 au niveau du site d'implantation de l'essai semis direct sous couvert végétal permanent

**Figure 71.** Bush fire occurred in February 2017 at the place that the experimental test of no tillage under cover crop is implanted

**Figure 71.** Queimada que ocorreu em fevereiro de 2017 no local da semeadura direta do local de teste sob cobertura vegetal permanente.



- Avec la divagation des animaux, nous étions obligés d'utiliser en permanence deux gardiens pour la surveillance permanente de l'essai et même de mettre une clôture grillagée afin de protéger l'essai ;

**Figure 72.** Divagation d'un troupeau de bœuf au mois de janvier au niveau du dispositif de semis direct sous couvert végétal permanent

**Figure 72.** Divagation of an oxen herd in January at the place that the experimental test of no tillage under cover crop is implanted

**Figura 72.** Invasão de um rebanho de bois em janeiro ao nível da parcela experimental de cobertura vegetal permanente.



- Dispositif expérimental très éloigné du réseau d'irrigation ce qui a fait que nous n'avons pas pu à faire des irrigations d'appoint afin de combler les déficits hydriques dus aux poches de sécheresse occasionnées par les pauses pluviométriques ;
- Manque de moyen logistique pour acheminer à temps les échantillons de sol prélevés au niveau du dispositif pour la détermination de l'humidité avant et après labour sur les traitements témoins labourés. Si les mesures étaient bien effectuées alors nous pourrions montrer les pertes d'humidité que va occasionner le labour sur les sols nus différemment des sols de couverture végétale qui conservent l'humidité permettant à la graine de germer facilement et d'anticiper sur le calendrier saisonnier.