



**Appui au volet SCV du projet Eau-Sol-Arbre  
sur l'analyse des impacts des SCV sur la valorisation  
de la ressource pluviométrique**

**Rapport de mission au Nord Cameroun du 01 au 10/05/2004**



*Eric Scopel*

## **Rapport de mission au Nord Cameroun du 01 au 10/05/2004 : Appui au volet SCV du projet Eau-Sol-Arbre sur l'analyse des impacts des SCV sur la valorisation de la ressource pluviométrique.**

### **Rappel :**

le volet SCV du projet Eau-Sol-Arbre a débuté en 2001 et a pour objectif de mettre au point de nouveaux systèmes de culture en SCV et d'appuyer leur diffusion dans les systèmes à base de rotations entre céréales et coton du Nord et extrême Nord Cameroun. Le projet est financé par l'AFD et reçoit également un appui du FFEM. Il implique directement un agent CIRAD (Krishna Naudin) ainsi qu'une équipe de techniciens, tous insérés dans le projet Eau-Sol-Arbre qui est piloté par la Sodecoton (Société de Développement du Coton au Cameroun). Le projet a commencé à partir de 2001. Dès la campagne 2002, des références techniques ont commencé à être produites sur deux sites expérimentaux contrôlés (matrice expérimentale)<sup>1</sup> afin de tester et affiner le pilotage de nouveaux SCV, l'un dans le Nord (site de Pintchoumba) et l'un dans l'extrême Nord (site de Zouana près de Kaélé). Ces sites permettent d'évaluer l'avantage potentiel de ces nouveaux systèmes en terme de valorisation des ressources disponibles, notamment la ressource pluviométrique souvent reportée comme limitante dans la région. La question se pose actuellement de savoir quelle est la part du facteur hydrique dans l'explication des avantages des SCV observés sur ces sites pour la production de grains, capsules ET de biomasses<sup>2</sup>. Rapidement les nouveaux systèmes prometteurs issus de cette première phase sont testés en milieu paysan dans un réseau de parcelles réparties sur l'ensemble de la région (voir fig. 1). Différents types de systèmes SCV sont proposés aux producteurs et, après recommandations, ils sont mis en place et conduits par les producteurs eux-mêmes, toujours en comparaison avec le système conventionnellement utilisé par ces derniers. On peut distinguer deux grands types de systèmes SCV : la production de céréales (maïs, sorgho ou mil) en semis direct et généralement associées avec une autre plante de couverture afin d'augmenter la production totale de biomasse, et la production de coton directement sur des résidus de céréales. Un tel réseau de parcelles test permet de replacer ces systèmes dans la diversité des conditions de production des paysans (à la fois les conditions du milieu physique mais aussi les conditions socio-techniques) et de vérifier, entre autres, la stabilité des résultats observés en conditions contrôlées face à cette diversité de situations. Cette deuxième phase a connu un essor très rapide puisque après le suivi d'une trentaine de parcelles en 2002, 140 parcelles ont été suivies en 2003 et que près de 300 sont prévues pour 2004. Une telle "explosion", même si elle enrichie considérablement le réseau de producteurs-expérimentateurs sur lequel pourra venir s'appuyer le projet dans une phase ultérieure de plus large diffusion, complique le suivi de chaque situation et l'analyse agronomique des résultats

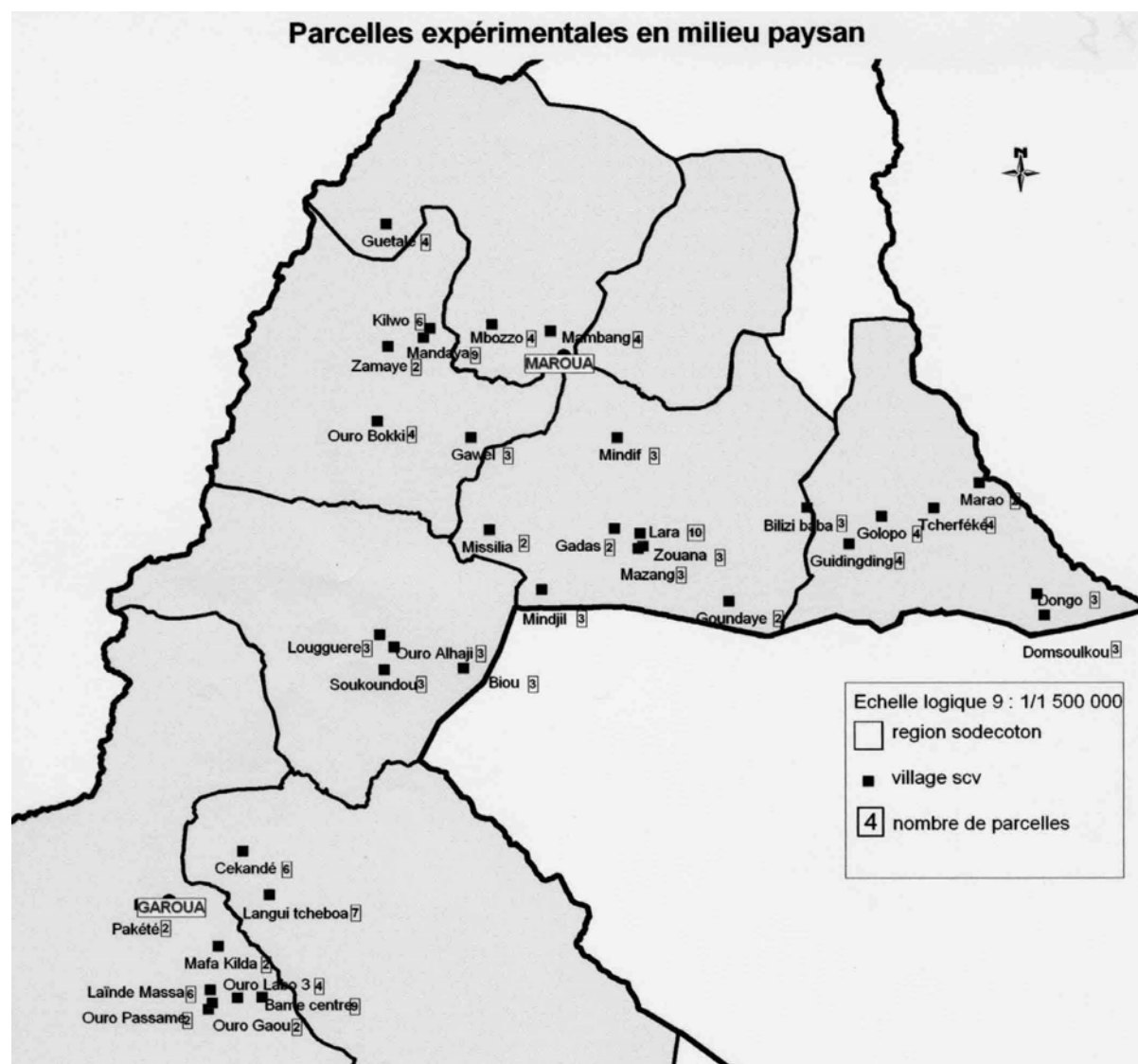
---

<sup>1</sup> On pourra se reporter aux écrits de Lucien Séguy pour de plus amples renseignements sur ce concept de matrice expérimentale et son importance pour la mise au point de nouveaux systèmes de culture. De même, on pourra consulter les précédents rapports de recommandations d'Hubert Charpentier et Stéphane Boulakia, ainsi que les rapports d'activités de Krishna Naudin, pour connaître la diversité des systèmes testés sur ces deux sites.

<sup>2</sup> Rappelons que les SCV, de par l'optimisation de la production et de la restitution de biomasse au système, visent également à en améliorer les performances sur le court et le long terme par la couverture de certaines fonctions (protection du sol, recyclage d'eau et d'éléments minéraux entraînés en profondeur, restitution de certains éléments par minéralisation rapide d'une partie des résidus, amélioration des statuts organiques et de la vie biologique du profil...)(voir Séguy et al. 2003). De par ce fait, ils visent également à améliorer la gestion de la fertilité de ces milieux souvent reportés comme ayant déjà subi de forts processus de dégradation avec les systèmes de culture traditionnellement utilisés.

obtenus. Ce suivi demande donc à être aménagé et structuré afin de rester un outil efficace d'analyse des potentialités des SCV dans ces milieux. Il doit permettre une analyse des facteurs responsables des résultats SCV par rapport aux systèmes conventionnels, notamment du poids réel de la valorisation de l'eau.

**Figure 1** : Localisation des communautés et parcelles test en milieu paysan



Dans ces conditions les termes de références imputés à cette mission étaient les suivants :

1. Apporter un appui au projet ESA pour la valorisation des données recueillies en 2002 et 2003 sur les parcelles en milieu paysans et sur les sites semi contrôlés du projet.
2. Apporter un appui à l'IRAD pour la valorisation des données recueillies sur les stations expérimentales.
3. Apporter un appui pour l'adaptation du dispositif de suivi des quelques 300 parcelles en milieu paysan prévues pour 2004.

4. Participer à l'orientation du travail du stagiaire de l'ENSAM prévu pour avril à septembre 2004. (suivi des composantes du rendement, infiltrométrie, densité apparente du sol, bilan hydrique simplifié, temps de travaux, enherbement, vie du sol) en milieu contrôlé et paysan.
5. Participer à la formation sur le terrain de l'équipe du projet ESA.
6. Rencontrer les représentants du Minagri, des bailleurs et des partenaires du CIRAD à Yaoundé.

Nous rendrons compte dans ce rapport de nos recommandations pour les points 4), 3), 1) et 2).



# I Evaluation des impacts des SCV sur la valorisation de l'eau

## I.1 - Hypothèse générale

Dans cette zone du Nord Cameroun où il pleut de 700 à 1200 mm par an (De 700 à 900 mm dans l'extrême Nord et de 900 à 1200 dans le Nord), l'eau devient souvent un facteur limitant lorsqu'elle est mal gérée. Les sols sont assez diversifiés (voir plus loin) mais majoritairement sablo-argileux et déjà bien dégradés (faible MOS) de par leur mise en valeur agricole chaque fois plus intense (diminution des temps de jachère, intensification cotonnière...). Ces sols ressemblent à ceux que nous avons rencontrés dans les zones semi-arides de l'ouest Mexicain, ils ont une forte tendance naturelle à la compaction et à la dégradation de leurs états de surface. Les SCV peuvent apporter des solutions par la protection de la surface (et le maintien d'états favorables), leur rôle de barrière physique à l'écoulement de surface, l'activation d'une forte activité biologique de la macro faune et en particulier des termites, tout cela convergeant vers un meilleur ratio infiltration/ruissellement (voir Scopel et Findeling 2001). Bien entendu, les résidus jouent aussi sur l'évaporation directe du sol, surtout si l'on arrive à maintenir des taux de couverture suffisants. Ce dernier point joue essentiellement en début de cycle lorsque le sol est encore mal protégé par le couvert végétal et en fin de cycle (début de sénescence des feuilles) par l'expression d'un meilleur ratio transpirations/évaporation dans l'utilisation de l'eau résiduelle du sol (fin des pluies).

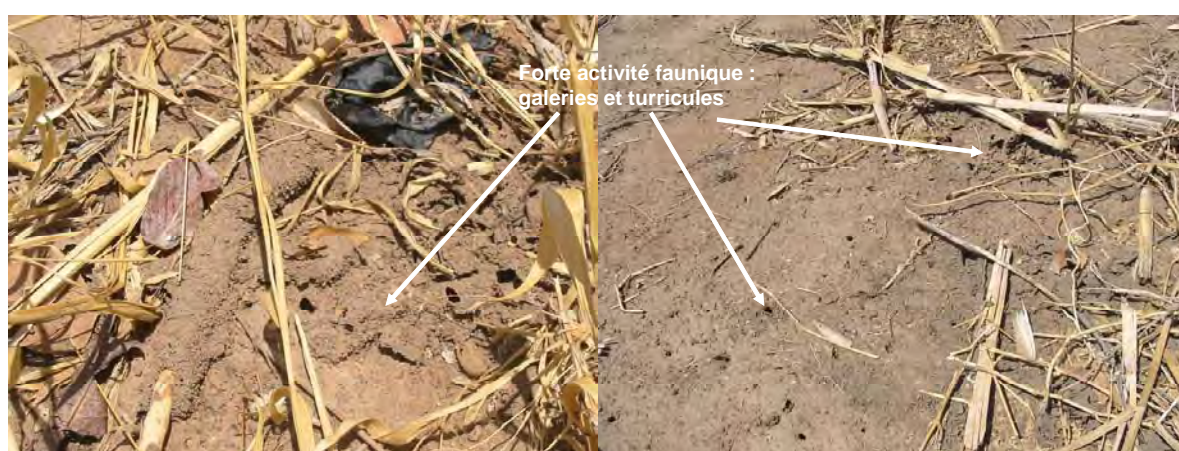
## I.2 - Constat observé :

L'époque de notre visite (fin de saison sèche, tout début de saison des pluies) n'était pas la plus propice à l'observation du milieu sol, de son évolution sous l'action des différentes pratiques agricoles et des conséquences sur la valorisation de l'eau par les couverts cultivés. Toutefois quelques observations semblent corroborer l'hypothèse générale mentionnée plus haut. Partout où le sol n'est pas protégé, sa structure de surface se trouve complètement dégradée. La rugosité est nulle, même dans les situations ayant connu un certain travail du sol (labour en traction attelé ou semis direct sans paillis et avec sarclo-buttagage) : la pulvérisation du sol de surface accélère la désagrégation des quelques mottes grossières. La porosité visible est elle aussi quasiment nulle, partout la surface se ferme rapidement en une micro-couche de surface complètement glacée (voir photos).



Les agrégats déjà peu stables, fragilisés par l'action du travail du sol, se dissolvent sous l'impact des gouttes de pluies, surtout avec l'intensité tropicale des quelques événements auxquels il nous a été donné d'assister. Sous les paillis des SCV, ces états de surface sont beaucoup plus favorables, même après tout le cycle de culture et après toute la saison sèche : les pailles protègent les agrégats et la micro-structure de surface, la forte activité des termites sur ces traitements engendre de nombreuses galeries de surfaces propices à l'infiltration de l'eau dans le sol et la présence de grosses pailles en surface crée des barrages naturels aux écoulements de surface de l'eau excédentaire.

Il est fort probable que l'évolution des états de surface au cours du cycle de culture conditionne en grande partie la capacité d'infiltration du sol dans chaque traitement. Sur les traitements avec travail du sol, chaque intervention modifie ces états, rompant les micro-couches de glaçage superficiel, mais la pulvérisation de cette surface peut engendrer, comme au Mexique, un reglaçage très rapide surtout lorsque le sol n'est pas encore protégé par le couvert.



Il est à noter que de fortes traces d'activité de termites sont notables sur les SCV testés (turricules, galeries, voir photos). Cette activité semble beaucoup plus élevée que dans les traitements non paillés ou avec exportation importante de la biomasse. Un stage sera réalisé par un jeune étudiant camerounais, Simon Bikay, pour vérifier cette hypothèse et étudier spécifiquement les populations macrofauniques dans chacun de ces traitements. On peut espérer que par cette forte activité faunique et de par l'importance des systèmes racinaires des plantes de couverture utilisées dans ces systèmes (Brachiarias, crotalaires par exemple), les conditions de porosité de profondeur (0-40 cm) soient restées assez favorables sous SCV malgré les phénomènes naturels de compaction du profil cultural. Le maintien de ces conditions de porosité de profondeur assure également une meilleure capacité générale du profil à infiltrer et stocker rapidement de l'eau de pluie.

L'intensité des phénomènes observés peut raisonnablement laisser penser à une action différenciatrice assez marquée avec les SCV, même après uniquement trois ans d'application.

### ***1.3 - L'étude sur les paramètres physiques du sol liés à la dynamique de l'eau (stage d'Adoum Oumarou) :***

Cette étude sera réalisée dans le cadre du travail de stage d'Adoum Oumarou et visera à :

- 1) Observer l'effet, en troisième année d'application, des SCV sur les conditions physiques du profil liées à la dynamique de l'eau.
- 2) Vérifier la stabilité de ces comportements dans la diversité des conditions que rencontrent les paysans de la région.

Cette étude ne prétendra pas être exhaustive et extrêmement fine, mais cherchera à donner un bon panorama de l'évolution de ces conditions sur l'ensemble des conditions du projet. Elle sera donc réalisée sur deux dispositifs complémentaires.

### **I.3.a Sur le site contrôlé de Zouana :**

L'essai de Zouana se situe dans la région de l'extrême Nord, près de Kaélé (voir figure 1). Il a été établi sur un sol sablo-argileux peu profond (cuirasse gravillonnaire à 50 cm) et déjà fortement dégradé (zone abandonnée pour l'agriculture). Ce site est pérennisé depuis 3 ans (troisième campagne). Généralement les traitements ayant reçu une céréale (sorgho ou mil dans l'extrême nord) associée une année reçoivent un coton sur paillis de cette association et inversement. Les deux traitements de la rotation biennale sont toujours présents et permutent chaque année. Les traitements témoins (avec labour et semis direct sans paillis) font l'objet d'une rotation coton alterné avec céréale toujours en culture pure.

Différents traitements seront comparés :

- 1) Coton en semis direct sur pailles de Sorgho+brachiaria (2 parcelles)
- 2) Coton en semis direct sur pailles de Sorgho+crotalaire
- 3) Coton en semis direct sur pailles de Sorgho+Doliques
- 4) Coton en semis direct sur pailles de Sorgho+Niébé
- 5) Coton sur labour avec sarclo-buttage
- 6) Coton en semis direct sans labour avec sarclo-buttage
- 7) Sorgho + brachiaria en semis direct (2 parcelles)
- 8) Sorgho en semis direct avec sarclo-buttage
- 9) Sorgho sur labour avec sarclo-buttage.

Il n'y a pas de plan expérimental dans cet essai, chaque traitement sera représenté par une parcelle unique relativement importante pour la région (8 X 75 m). Tous les traitements étudiés se retrouvent regroupés géographiquement sur l'essai et l'on considère que les conditions initiales de ces parcelles étaient suffisamment homogènes pour ne pas interférer sur les effets des traitements qui y ont été appliqués. Ces parcelles sont normalement subdivisées en trois niveaux de fumure (F1, F2, F3) mais les différences de biomasses produites sur ces trois niveaux ne semblent pas suffisantes pour engendrer des différences notables sur l'activité biologique ou sur l'évolution des stocks de MO. C'est pourquoi les observations sur la physique du sol seront réparties sur l'ensemble de chaque parcelle afin de ne pas concentrer dans l'espace les perturbations qu'elles engendrent.

S'agissant de la troisième année d'expérimentation, les traitements 7, 8 et 9 diffèrent des autres par le fait qu'ils ont connus deux cycles de céréales au lieu d'un seul. On peut donc espérer d'éventuels effets plus marqués sur ces caractéristiques physiques. Toutefois on établira des priorités si le temps ne permet pas de complètement suivre tous ces traitements. **On suivra de façon préférentielle 1), 2) 5) et 6), dans un deuxième niveau de priorité on suivra 7) et 8), finalement un troisième cercle de priorité concernera 9), 3) et 4).**

Concernant les variables observées, uniquement quelques paramètres physiques directement liés à la dynamique de l'eau pourront être abordés. Il s'agit de l'évolution des états de surface, de la conductivité hydraulique de surface en conditions saturées (Ksat), du profil de densité apparente.

### **I.3.a.α Evolution des états de surface :**

On l'a vu il sera important de caractériser l'évolution dans le temps des ces états de surface dans chaque traitement étudié. Pour cela une estimation sera faite à quatre moments clef du cycle :

- 1) au semis (effet travail du sol)
- 2) avant sarclo-buttage
- 3) à floraison (= après saclo-buttage)
- 4) fin de cycle (septembre)

Il sera d'abord établi une échelle visuelle de quatre à cinq classes d'états de surface des plus défavorables aux plus favorables. Pour cela il est recommandé de prospecter la zone et de choisir 4 situations représentatives de ces états et d'en tirer une photographie. Les photographies seront regroupées sur une feuille d'impression couleur qui pourra être utilisée au champ comme référence d'évaluation.

Sur un mètre carré choisi au hasard dans la parcelle on divisera l'espace en carrés de 10 x 10 cm, sur chacun de ces carrés on fera une estimation visuelle du pourcentage de chaque classe d'état de surface. Pour simplifier l'opération on peut se limiter à une précision du ¼ de la surface comme unité de base. Exemple ½ état 1, ¼ état 3 et ¼ état 4. A la fin on fera une moyenne sur l'ensemble des carrés du m<sup>2</sup>. pour avoir le pourcentage global de présence de chaque état. Par exemple on pourra avoir 55% état 1, 24% état 2, 15% état 3 et 6% état 4. Un indicateur synthétique peut être calculé en faisant la somme pondérée par la surface de chaque état (ex:  $(0,55 \times 1) + (0,24 \times 2) + (0,15 \times 3) + (0,06 \times 4) = 1,72$ ). Cet indicateur oscille entre 1 et 4, et si 1 est l'état le plus défavorable, il indiquera des états défavorables lorsqu'il est faible et des états plus favorables lorsqu'il est élevé.

Ce mètre carré pourra être répété 4 fois sur chaque parcelle traitement à chaque date d'observation. Cette estimation est un peu laborieuse au départ mais devient très rapide avec l'acquisition d'une certaine pratique par l'observateur.

### **I.3.a.β Infiltration, Ksat (voir annexe):**

C'est le premier déterminant du stockage de l'eau de pluie et le Ksat sera caractérisé aussi de façon dynamique à trois dates différentes : date 1), 2) et 4) des observations d'états de surface.

Lors de la première date un effort particulier sera porté à caractériser la variabilité spatiale de ce paramètre à l'intérieur des différents traitements. En effet, si sur les SCV on peut espérer que cette variabilité reste plus faible, elle peut s'avérer plus importante dans les traitements conventionnels vu les différences importantes de comportement entre les parties en sommet de billon et les parties en creux de billon. De fait, le refus d'infiltration du sommet de billon (généralement 2/3 de la surface) va directement alimenter l'inter-billon augmentant d'autant la quantité à infiltrer sur cette partie. Si la capacité d'infiltration dans l'inter-billon est faible, on aura rapidement des pertes par ruissellement dans cette partie, surtout si l'on se situe dans une parcelle plus pentue.

Pour cela on choisira de procéder par la méthode du Beer Can (voir annexe), plus rapide et plus légère que la méthode du double anneau. On effectuera 10 répétitions de cette observation par traitements (5 sur la ligne et 5 sur l'interligne). Pour certains traitements plus prioritaires (1), 2), 5), 6), voire 7) et 8)), un point pourra être effectué avec la méthode du double anneau pour vérifier la cohérence avec la méthode du Beer Can.



Pour les dates suivantes, en fonction de la variabilité observée en première date, seules 4 à 6 répétitions seront effectuées par traitement, la moitié sur le rang et l'autre sur l'inter-rang. A partir des tests effectués, avec un anneau de 25-30 cm de diamètre, des quantités élémentaires d'eau de 800 ml devraient être suffisantes (à vérifier toutefois lors des premières manip).

Concernant les profils d'humidité avant et après infiltration dans le Beer Can (voir annexe), afin de gagner un peu de temps, on pourra utiliser le même profil sec pour 3 à 4 profils humides, si ces derniers ne sont pas trop éloignés les uns des autres et du profil sec.

Pour les profils de densité apparente voir ci-dessous.

### **I.3.a.y Profils de densité apparente (DA) (voir annexe)**

Ces derniers ne seront effectués qu'à une seule date (semis ou avant sarclo-buttage) pour les profondeurs supérieures à 10 cm. Ces derniers pourront éventuellement être répétés à des dates ultérieures si la variabilité interne s'avérait trop importante. Pour les traitements travaillés, la profondeur 0-10 cm sera répétée à chaque date pour tenir compte des remaniements dus aux sarclo-buttages. On fait l'hypothèse qu'en dessous de 10 cm, la DA variera peu à l'échelle des 4 mois de l'observation.

On profitera des mesures d'infiltration pour faire ces observations, plutôt sur les emplacements de collecte de profils humides (plus facile à prélever en début de campagne). L'échantillon prélevé avec une tarière à cylindres de volume connu (100 cm<sup>3</sup>) Egelkampf, servira pour caractériser la DA et l'humidité aux profondeurs 0-10, 10-20, 20-30, 30-40 cm. Pour ce faire, on accompagnera la descente des cylindres par une micro fosse latérale pour, une fois mis en place, pouvoir les dégager par le côté avec l'aide d'une spatule. Ces profils seront répétés 6 fois par parcelle (3 dans le rang et 3 dans l'inter-rang).

La DA de surface lors des dates suivantes sera également répétée 6 fois (3 sur le billon et 3 sur l'inter-billon).

Ces profils de DA serviront aussi à calculer les Ksat à toutes les dates avec la méthode du Beer Can.

Une mesure de DA sera effectuée sur fosse (post-floraison ou fosse annexe existant sur le site) pour des profondeurs supérieures (40-60, 80-100 et 120-140 cm), ceci pour compléter le profil de DA et pouvoir calculer la RU totale ou les humidités volumiques du profil.

**ATTENTION** : penser à bien resituer les DA observées avec les bonnes profondeurs lors des manip d'infiltration : une couche qui est 0-10 sur le billon n'existait pas au semis, par contre la couche 0-10 de l'inter-billon était le 10-20 de la date avant le billonnage !). Il faut à chaque fois prendre la nouvelle DA de la couche 0-10 et réajuster les couches de dessous.

**ATTENTION** : ces mesures sont tout de même lourdes et longues (même avec la méthode du Beer Can), il est bon de pouvoir mettre en route plusieurs batteries en parallèle. Si le temps venait à manquer il faudrait donner priorité aux traitements 1) 3) et 4) puis 2), puis 5) et 6).

### **I.3.b Sur le dispositif de suivi de parcelles paysannes :**

On cherche ici à observer la stabilité de ces comportements dans la diversité des situations que rencontrent les producteurs locaux.

#### **I.3.b.α L'échantillon :**

Au total une quinzaine de parcelles seront choisies. Cet échantillon sera structuré pour vérifier les hypothèses suivantes :

- 1) L'effet précédent Céréale-Brachiaria et Céréale-légumineuses (Crotalaire, niébé ou dolique) peut différer pour la culture du cotonnier en SCV (vérification des observations de Zouana) => une même parcelle sur sol sablo-argileux avec les différents précédents
- 2) Ces comportements peuvent être modifiés en fonction des types de sol => 5 types de sols seront prospectés a) sablo-argileux (Zouana, Kilwo, Gawel), b) Idem +pierrosité superficielle (Mandaya), c) sols sableux de piémonts (Zouana, Kilwo), d) sols argileux (Mbozo) et e) sols argileux, riches et structurés de Mbambang
- 3) Ces comportements seront liés à la biomasse disponible en début de cycle => différentes situations de contrôle des biomasses seront prospectées

Toutes les parcelles retenues auront entre 3 et 4 ans de pratique des SCV. Dans la plupart des parcelles, les couples de situations suivantes seront établis : Sorgho trad / sorgho+brachiaria et Coton trad / Coton paillé SCV. Certaines porteront des triplés de situations, notamment celles utilisées pour vérifier l'hypothèse 1)

### **I.3.b.β Observations :**

Les mêmes paramètres que ceux de Zouana seront observés sur ces parcelles mais à une seule date uniquement : avant les sarco-buttages.

- Etats de surface : la même méthodologie sera utilisée sur deux m<sup>2</sup> de chaque traitements
- Infiltration : deux répétitions (quatre si temps suffisant) de la méthode Beer can seront effectuées par traitements. Un profil sec sera réalisé pour deux profils humides
- DA : deux profils (quatre si temps suffisant) seront effectués combinés aux humidités des profils humides

Une analyse comparative des couples de situations sera effectuée par la suite pour tester les hypothèses retenues.

## ***I.4 - L'étude sur la dynamique de l'eau et le bilan hydrique (stage de Guilhem Soutou) :***

Sachant que peu de moyens techniques sophistiqués sont disponibles pour quantifier de façon précise les flux hydriques dans chaque situation (données climatiques très restreintes à part la pluie, pas d'équipement de suivi humidité sol, pas de dispositif standard de suivi du ruissellement...), il s'agirait plus ici d'un premier travail de dégrossissage visant à donner des ordres de grandeur des effets spécifiques des SCV abordés par le projet sur les paramètres du bilan hydrique. Cette étude viserait donc à :

- 1) Mettre au point un outil de modélisation pouvant rendre compte, même assez grossièrement, les effets des différents systèmes de culture, dont les SCV, sur le bilan hydrique des cultures. Cet outil devra être toutefois suffisamment précis pour rendre compte des différences principales observées.
- 2) Vérifier la pertinence de cet outil pour analyser le poids du facteur hydrique sur l'élaboration des rendements et la production de biomasses dans la diversité des conditions rencontrées par les paysans.

En effet, de nombreuses expériences ont montré qu'il était difficile de quantifier les effets de différentes techniques sur le bilan hydrique, directement par suivi métrologique de l'humidité des sols. La difficulté à suivre précisément cette humidité, le problème du pas de temps pour

son suivi et son interprétation (variation entre deux mesures intégrant des phases de stockage et des phases de consommation), la difficulté à estimer directement certains flux (drainage, évaporation) compliquent effectivement le calcul précis des différents termes de ce bilan et leur intégration sur une période de temps. C'est pour cela que souvent on préfère passer par une approche via la modélisation de ce bilan, rendant compte au mieux des différents effets des techniques sur les différents flux hydriques dans le système sol-plante-atmosphère. Dans le cas des SCV, on bénéficie déjà des apports de différentes études sur les effets de systèmes paillés sur la dynamique de l'eau (Scopel 1994, Findeling 2001, Reyes 2002).

Dans cette étude on cherchera à procéder selon les étapes suivantes :

- 1) Quantification grossière des effets principaux des SCV sur les flux hydriques à la parcelle.
- 2) Adaptation d'un modèle de bilan hydrique pour rendre compte de ces modifications
- 3) Première évaluation du modèle : Calage sur le site contrôlé
- 4) Application du modèle dans la diversité des situations du suivi de parcelles paysanne : vérification de la cohérence de l'outil pour l'analyse des rendements dans la région.

#### **I.4.a Sur le site contrôlé de Zouana :**

Sur ce site on procèdera aux observations nécessaires aux étapes 1 et 3. On considèrera les mêmes traitements que ceux retenus pour l'étude des paramètres physiques du sol.

##### **I.4.a.α Progression du front d'humectation:**

Un premier indicateur de la capacité de chaque traitement à infiltrer efficacement de l'eau en début de cycle consiste à mesurer la vitesse de progression du front d'humectation avec les premières pluies. En effet dans des zones à forte saison sèche, le sol est sec sur une assez large profondeur en début de campagne.

Pour cela après chaque évènement pluvieux important on procèdera à des carottages à la tarière jusqu'à atteindre la limite du sol sec. La profondeur de ce front sera notée en cm. On procèdera à 4 répétitions par traitements homogènes. Pour les traitements billonnés on effectuera 3 répétitions sur le billon et 3 sur l'inter-billon.

Ce suivi pourra se poursuivre tant que le front d'humectation reste décelable. A partir d'une certaine profondeur l'humidité résiduelle du sol sera trop élevée pour qu'une différence de couleur soit perceptible.

##### **I.4.a.β Coefficients de ruissellement :**

On mettra en place des dispositifs très légers pour l'estimation de l'ordre de grandeur des coefficients de ruissellement avec chaque traitement.

Pour cela, en aval des parcelles expérimentales (partie basse) seront délimitées des aires de surface connue. Ces aires seront isolées des flux superficiels de ruissellement survenant sur chaque parcelle par des barrières physiques. Ces barrières physiques peuvent être constituées soit uniquement de bords de terre surélevés et bien tassés pour résister aux écoulements d'eau, soit de tôles enchassées dans le sol si ces dernières ne perturbent pas trop la gestion technique des traitements (voir annexe). Des lots de petite taille seront ici suffisants. On peut songer à des surfaces de l'ordre de 3 à 5 m<sup>2</sup> (3 X 1,5 m). Pour les systèmes billonnés, on peut songer à utiliser les propres billons comme limites latérales du lot de recueillement, ce qui minimiserait les perturbations provoquées par ces dispositifs.

Il faut prévoir un collecteur afin de concentrer les eaux de ruissellement vers un tube de PVC qui les acheminera hors de la parcelle où de petits récipients (petits bidons de 50 litres = 10 mm de ruissellement) placés dans une petite fosse, permettront de les stocker. A chaque évènement, les eaux ruisselées seront mesurées.

#### **I.4.a.γ Profils d'humidité et stocks hydriques:**

A quelques périodes particulières (périodes sans pluies ou périodes de forte pluies) des profils d'humidité gravimétriques seront effectués. En effet l'évolution des stock d'eau du sol durant ces périodes pourra être éclairante sur la capacité des traitements à stocker de l'eau de pluie (phases pluvieuses) et de leur capacité à fournir de l'eau au couvert lorsque nécessaire (phases sèches).

Pour cela on essaiera d'effectuer trois profils d'humidité pour chaque traitement aux profondeurs 0-10, 10-20, 20-40, 40-60, 80-100, 120-140. Ces trois profils seront localisés dans l'espace de la parcelle et à chaque date, les profils seront effectués à proximité des emplacements précédents, ceci afin d'amenuiser l'effet dû à la variabilité spatiale de cette humidité. Ces profils seront concentrés dans le niveau de fumure F2 pour pouvoir les mettre en relation avec le comportement du couvert. On analysera l'évolution des stocks durant les phases sèches et durant les phases pluvieuses. Ces stocks seront utilisés également pour la calibration du modèle de bilan hydrique (étape 3)

#### **I.4.a.δ Réserve utile :**

La réserve utile (capacité au champ – humidité au point de flétrissement permanent) sera estimée au laboratoire sur des échantillons de différents horizons pris sur le site.

La profondeur d'enracinement maximum pourra être évaluée à floraison par l'ouverture de tranchées en bordure des traitements. Une seule observation devrait être suffisante pour avoir un ordre de grandeur si possible, sinon la profondeur reportée par d'autres études dans la région serait utilisée.

#### **I.4.a.ε Biomasse du paillis initial et du paillis final :**

Il sera nécessaire d'estimer la quantité de paillis présent en début de campagne (effet évaporation et effet ruissellement), ainsi qu'en fin de cycle (vitesse de décomposition).

Pour ce faire une méthode indirecte sera mise au point grâce une échelle visuelle sur photographies. Cette échelle sera établie en dehors du dispositif avec des quantités connues de paillis : 1, 2, 3, 5, 7, 10, 15 tonnes/ha. Une échelle sera établie pour différents types de paillis :

- Sorgho + Brachiaria équilibré
- Sorgho + Crotalaire
- Sorgho essentiellement + un peu de Brachiaria (production de Brachiaria ratée) sur suivi
- Peu de Sorgho + Brachiaria normal (mauvais contrôle de la divagation des animaux) sur suivi
- Sorgho seul (pailles alignées idem à pailles rapportées) sur suivi
- Andropogon (pailles rapportées) sur suivi

On fera cette estimation en trois points de chaque parcelle SCV, en début en en fin de campagne.

#### **I.4.a.ζ Observations de comportement de stress hydrique :**

Lors d'apparition de périodes sans pluie de plus d'une semaine, des observations sur le comportement du couvert sur chaque traitement seront effectuées. Une note de 1 à 5 sera attribuée pour rendre de l'état de turgescence des feuilles à midi et de leur niveau d'enroulement éventuel. Si de telles périodes surviennent lors de la période critique de

formation du nombre de grains ou de capsules, ces comportements seront mis en regard avec les résultats obtenus.

#### **I.4.a.η Croissance du couvert à floraison :**

Une estimation de croissance du couvert à floraison sera nécessaire. Plusieurs options sont possibles :

- 1) Quelques mesures destructives sont envisageables : une dizaine de plantes pourront être coupées (sur les bordures éventuellement si ces dernières sont représentatives du reste de la parcelle) afin de connaître leur matière sèche et éventuellement estimer leur surface foliaire (feuilles posée sur une surface quadrillée en cm<sup>2</sup>). Pour une association on procèdera de même pour chaque espèce impliquée. Un ajustement pourra être effectué en fonction de la densité de plantes.
- 2) Aucune mesure destructive n'est possible et donc d'autres mesures objectives indirectes pourront être réalisées : hauteur moyenne du couvert sur 10 plantes
- 3) Seule une estimation visuelle est possible sur base de photographies : une échelle visuelle de biomasse floraison approximative sera réalisée au préalable à partir de situations connues ou estimables (estimation expert).

L'idéal serait de pouvoir combiner les 3 approches sur ce site contrôlé afin de pouvoir construire les outils utilisables sur le suivi de parcelles paysannes.

#### **I.4.a.θ Composantes du nombre de grains ou du nombre de capsules :**

En fin de campagne, on estimera le nombre de grains/m<sup>2</sup> et le nombre de capsules/m<sup>2</sup> pour chacun des traitements. Pour ce faire, on procèdera à des comptages sur 10 plantes avec un réajustement par la densité de plantes. Ceci sera fait avant la récolte (début septembre) pour être compatible avec le timing du stage. Une vérification sera faite a posteriori lors de la récolte.

#### **I.4.b Sur le dispositif de suivi de parcelles paysannes :**

Sur ce dispositif, on cherchera à faire les observations nécessaires à l'étape 4). Les parcelles retenues seront les mêmes que celles utilisées pour l'étude des paramètres physiques du profil. On procèdera aux observations suivantes :

- Biomasse de paillis initiale (même méthodologie que sur site contrôlé)
- Evolution des stocks hydriques, uniquement sur quelques parcelles si de fortes périodes sèches apparaissent (même méthodologie que sur site contrôlé).
- Comportement du couvert en périodes sèches (même méthodologie que sur site contrôlé)
- Croissance du couvert à floraison (méthodes non destructives 2) et 3) décrites pour le site contrôlé)
- Nombre de grains, de capsules et leurs sous-composantes (même méthodologie que sur site contrôlé).

En plus, pour chaque type de sol des échantillons seront envoyés en laboratoire pour définir la texture et la réserve utile (capacité au champ – point de flétrissement permanent) pour différentes profondeurs. Sur chaque parcelle la texture pourra être évaluée par la méthode de terrain des boudins. Enfin il serait bon de pouvoir estimer la profondeur maximale d'enracinement sur UN site de chaque type de sol pour avoir une meilleure idée de cette



dernière. Il s'agit là juste d'avoir un ordre de grandeur dans chaque type de sol, il n'y aurait donc qu'une fosse par localité, soit 5 à 6 fosses au total.

Sur chaque site, la pluviométrie journalière est relevée. Pour les sites les plus éloignés un thermomètre permettra de relever tmax et tmin quotidiennement. L'ETP Penmann sera calculée à partir des données climatiques de Maroua. Cette demande climatique devrait peu varier sur la zone (relativement homogène, même altitude, peu de relief orographique et peu d'effets de micro-climat), elle pourra toutefois être corrigée par les données locales de température si nécessaire.

Sur chaque parcelle seront aussi notées toutes les autres informations nécessaires à la bonne interprétation des rendements et biomasses produites (enherbement, maladies, ravageurs... voir partie sur suivi paysan ultérieure).

#### **I.4.c Considérations sur le modèle et les modifications nécessaires :**

L'outil de modélisation que l'on utilisera dans ce projet doit remplir le cahier de charges suivant :

- Etre peu exigeant sur la quantité et la qualité des données nécessaires à la définition de la demande en eau (demande climatique et besoin couvert)
- Pouvoir rendre compte, même grossièrement des effets différenciés des SCV sur le ruissellement et sur l'évaporation
- Pouvoir rendre compte des phénomènes de compétitions pour l'eau d'association céréales/plantes de couvertures.
- Fournir des indicateurs de l'impact des techniques abordées sur le comportement du couvert (biomasse et rendements) via la valorisation du facteur hydrique.

Pour cela il faut répondre à deux questions importantes :

1) Un modèle qui prédit de la biomasse ou non ? Cette dernière n'est peut-être pas indispensable dans le cadre de ce projet. Il est juste nécessaire de générer des indicateurs sur la qualité de la valorisation hydrique dans chaque situation. Pour cela des indicateurs ETR/ETM se sont déjà avérés suffisants (cf thèse Scopel 1994 par exemple). De plus, l'obtention de cette biomasse passe par un certain nombre de fonctions de production plus ou moins sophistiquées et très spécifiques. Comme on cherche ici à aborder plusieurs types de cultures dont l'élaboration de la biomasse et du rendement sont très différentes (céréales versus coton), cela compliquerait la calibration qui serait nécessaire pour chaque culture. Nous proposons donc que dans un premier temps que seul le bilan hydrique et la génération d'indicateurs de valorisation du facteur eau soient abordés.

2) Un modèle type Kc (Sarra) ou un modèle séparant évaporation et transpiration (Bilhyna) ? Ces deux types de modèles ont déjà été utilisés pour rendre compte des effets des SCV dans différentes études au Mexique. Il est évident qu'il serait préférable de pouvoir séparer évaporation et transpiration pour mieux rendre compte de cet effet du paillis par contre cela nécessite généralement plus de données et de précision sur celles-ci notamment en ce qui concerne la partie plante. Or cette précision n'est pas forcément toujours accessible sur le projet. En effet les données climatiques disponibles dans chaque site concernent essentiellement la pluviométrie, la demande évaporative via Penmann n'étant réalisable que pour Maroua (on fait l'hypothèse qu'elle varie peu à l'échelle de la zone considérée). Les données plantes (LAI biomasses) restent limitées et souvent estimées indirectement. Enfin un

outil plus complexe demanderait aussi plus de temps d'apprentissage au stagiaire ainsi que la présence active de quelqu'un qui connaît bien le modèle, expertise pas forcément disponible en ce moment.

Pour ces raisons, même si cela n'est pas la solution la plus performante, nous proposons de retenir, au moins dans le cadre de ce travail de stage, un modèle simple de type Kc comme le modèle Sarra. Une paramétrisation spécifique sera alors nécessaire pour couvrir le cahier des charges défini initialement, ainsi qu'une évaluation de l'outil nouvellement paramétré<sup>3</sup>.

#### I.4.d Calibrage et évaluation de l'outil :

Certains paramètres ou variables d'entrée pourront être obtenus par observation directe ou mesure :

- La profondeur d'enracinement par type de culture et type de sol
- La RU en mm/m de sol par type de sol
- Le stock initial d'eau dans le sol
- La pluviométrie par site
- L'ETP pour l'ensemble de la région
- Le calage du cycle
- Le niveau de paillis initial

Pour les valeurs des Kc on pourra utiliser ceux fournis dans la table suivante issues des données FAO<sup>4</sup> et d'autres expériences en milieu tropical.

Culture	Kc in	Kc mid	Kc fin
Sorgho, Maïs	0,40	1,20	0,40
Brachiaria	0,40	1,15	0,40*
Crotalaire	0,40	1,00	0,40
Coton	0,40	1,20	0,60

\* Le brachiaria ne verra son activité réduite que par la sénescence des feuilles due au manque d'eau, il convient donc de caler son cycle Kc sur la fin des pluies, prolongeant le Kc mid le temps nécessaire.

Ces derniers correspondent à une culture non limitée dans des conditions optimales (LAI au dessus de 3). Par contre ils devront être adaptés si la croissance n'a pas été optimale pour d'autres raisons que l'alimentation hydrique. Pour cela on peut procéder par un classement des situations en fonction de la croissance (et donc du LAI) réelle à la floraison et une réduction du Kc mid proportionnelle à la réduction du LAI en dessous de 3 (cf thèse Scopel).

Il restera à adapter certains paramètres, en particulier ceux liés aux effets des SCV ou au systèmes de culture locaux.

---

<sup>3</sup> **Remarque importante** : Ce stage sera l'occasion d'évaluer la pertinence de cet outil simple afin de couvrir le cahier des charges défini. Si c'est le cas, l'outil pourra être utilisé par la suite pour l'analyse des résultats obtenus chaque année en milieu paysan. Si ce n'est pas le cas, un autre outil plus sophistiqué devrait être envisagé pour cela dans le futur.

<sup>4</sup> On pourra se référer au document FAO N° 56 pour plus d'information : FAO irrigation and drainage paper N° 56 : Crop Evapotranspiration (guidelines for computing crop water requirements). Allen RG, Pereira LS, Raes D, Smith M, ed.

#### **I.4.d.α Effet du paillis sur l'évaporation directe du sol**

Cet effet du paillis est surtout notable en début et en fin de cycle et dépendra du taux de couverture du paillis. Comme dans la thèse de Scopel on peut réduire les  $K_c$  in. et les  $K_c$  fin. Dans le bulletin FAO N° 56 il est proposé de réduire ces  $K_c$  de 5% chaque fois que l'on a 10% de couverture de sol. Ainsi pour une couverture de 50% on pourra réduire le  $K_c$  in. de 25%.

#### **I.4.d.β Effet du paillis sur le ruissellement**

Pour le ruissellement, le paillis va modifier le seuil et le coefficient de ruissellement. Les expériences menées sur le site de Zouana donneront des ordres de grandeurs de ces deux modifications pour une quantité de paillis non limitante. Comme le type de pailles (essentiellement des grosses pailles de sorgho ou de maïs) est assez similaire avec celui utilisé au Mexique dans des travaux antérieurs on pourra dans un premier temps utiliser la même formule de réduction du coefficient de ruissellement en fonction de la quantité de paillis soit :

$\varepsilon = -0,0333 * Q + 0,333$  , relation valable jusqu'à 10 t . ha<sup>-1</sup> de paillis.

On pourra considérer que les seuils, eux, ne varient pas.

De façon simplificatrice, ces mêmes modifications seront appliquées pour tous les types de sols et de pentes prospectés dans le réseau de parcelles paysannes.

#### **I.4.d.δ Effet compétition entre espèces lors d'association de cultures ou avec les mauvaises herbes**

Concernant les effets des mauvaises herbes, on peut procéder comme Scopel lors de sa thèse, soit calculer le taux de satisfaction hydrique correspondant à la culture telles qu'elle s'est réellement développée (soit en ajustant le  $K_c$  mid en fonction de la croissance réelle) puis en utilisant un coefficient d'enherbement pour analyser l'impact de TOUS les effets mauvaises herbes (même ceux liés à la compétition pour l'eau) sur la production de la culture principale.

Par contre, concernant la compétition entre deux cultures associées, on ne peut procéder de cette façon et l'on doit absolument rendre compte des problèmes de compétition pour l'eau entre les deux cultures. Etant donné qu'on ne peut réellement séparer deux compartiments au niveau du sol (modification de l'offre disponible pour la culture principale) pour rendre compte de cette compétition, on devra donc passer par une modification de la demande. Ce sera surtout le  $K_c$  mid qui sera modifié car au début et à la fin du cycle les deux plantes seront toutes deux avec des besoins faibles et des conditions très proches. Nous proposons de modifier le  $K_c$  mid de la façon suivante pour calculer la consommation d'eau de la céréale principale (sorgho ou Maïs)<sup>5</sup> :

$$K_c \text{ mid}_{(\text{céréale modifié})} = K_c \text{ mid}_{(\text{céréale})} [(1 - \exp(-0.7 * LAI_{(\text{asso})})) / (1 - \exp(-0.7 * LAI_{(\text{céréale})}))]$$

Où :

$K_c \text{ mid}_{(\text{céréale modifié})}$  = nouveau  $K_c$  mid pour la céréale dans l'association

$K_c \text{ mid}_{(\text{céréale})}$  =  $K_c$  mid céréale seule

$LAI_{(\text{asso})}$  = LAI de l'ensemble des deux cultures

$LAI_{(\text{céréale})}$  = LAI de la céréale

---

<sup>5</sup> Pour plus de détails se reporter au Bulletin FAO N° 56, pages 198-203

On devra donc avoir une idée des LAI au moment de la floraison pour chacune des cultures, ou au moins des biomasses respectives pour pouvoir adapter ces  $Kc_{mid}$  (voir propositions concernant cette estimation).

Comme exemple, prenons une association Sorgho-Brachiaria dans laquelle nous avons à floraison un LAI du Sorgho de 3 et un LAI du Brachiaria de 2.

$$Kc_{mid} \text{ (céréale modifié)} = 1,20 [(1 - \exp(-0,7*5)) / (1 - \exp(-0,7*3))] = 1,33$$

L'augmentation de  $Kc_{mid}$  de 1,2 à 1,33 représente une augmentation considérable de la demande, ce qui aura des répercussions sur la consommation calculée de la céréale et sur le taux de satisfaction de ces besoins.

Cette option par la modification de la demande est loin de la réalité du processus qui passe plutôt par une diminution de l'offre en eau due à la consommation de la culture de couverture. Toutefois, même si indirectement, elle doit permettre de répercuter sur le taux de satisfaction des besoins le manque dû à la compétition de la couverture.

On peut procéder de la même façon avec les mauvaises herbes si a) on veut estimer spécifiquement leur impact sur l'alimentation hydrique, b) l'on est capable d'estimer leur LAI à la floraison.

#### **I.4.d.ε Evaluation-validation de l'outil.**

A l'évidence l'outil et les adaptations proposés ici ne représentent pas les meilleures options techniques pour rendre compte des effets des SCV sur l'alimentation hydrique des cultures, mais le meilleur compromis entre qualité de l'information disponible, temps pour réaliser l'étude et objectifs du projet.

Le nouvel outil de simulation du bilan hydrique devra donc être évalué pour savoir s'il arrive à rendre compte à peu près correctement du bilan hydrique dans chacune des situations abordées.

Pour cela nous proposons de comparer les évolutions de stocks d'eau simulés et observés sur les situations et durant les périodes où ces derniers auront été suivis.

Dans une première étape cette comparaison sera effectuée pour le site de Zouana sur les situations suivies durant une période sèche. Normalement nous sommes là dans les meilleures conditions pour cette évaluation puisque les coefficients de ruissellement auront été issus du suivi de ces mêmes situations.

Dans un deuxième temps, cette même comparaison pourra être effectuée sur les quelques parcelles paysanne pour lesquelles un suivi de stocks durant une période sèche aura pu être effectué. On commencera là à prospecter une gamme de variabilité de situations plus ample. Une importance toute particulière devra être portée à cet exercice de validation puisque de lui dépendra la pérennisation éventuelle de l'utilisation de cet outil pour analyser l'impact du facteur hydrique dans la région et des bénéfices potentiels apportés par les SCV proposés par le projet.

Toutefois ce genre d'exercice n'est jamais très facile à réaliser d'autant plus lorsqu'on cumule comme ici des limites concernant la qualité des méthodes de suivi (des stocks, de la croissance du couvert, du climat). Au cas où cet ajustement simulé-observé ne serait pas très satisfaisant la part relative de ces difficultés versus la qualité de l'outil devra être analysée.

## **II Aménagement du réseau de parcelles paysannes : mise en place d'un outil d'analyse agronomique des résultats**

Face à l'augmentation substantielle de parcelles test en SCV installées en milieu paysan, un aménagement du processus d'accompagnement par les agents du projet est nécessaire. En effet il n'est pas possible à ces derniers de continuer à suivre régulièrement et précisément l'ensemble de ces parcelles, comme ils le faisaient jusqu'à présent. Une redéfinition des objectifs liés à ce dispositif semble donc nécessaire et, par conséquence, le réseau et les activités devront être stratifiés et adaptés.

Un réseau de parcelles tests en milieu paysan dans lesquelles sont comparées une nouvelle pratique alternative et la gestion conventionnelle du producteur peut être un outil précieux pour répondre à différents types d'objectifs :

- 1) Etudier le comportement des alternatives techniques proposées dans la diversité des conditions de gestion des producteurs d'une région. Ceci passe généralement par les sous-objectifs suivants :
  - a. Analyser l'élaboration de la biomasse et du rendement avec chaque type de gestion afin d'identifier les facteurs responsables des bons ou mauvais résultats obtenus dans chaque situation.
  - b. En déduire les explications aux situations où l'alternative s'est mieux comportée que la gestion traditionnelle et inversement.
  - c. Analyser les contraintes techniques ou organisationnelles des exploitations liées à ces résultats.
- 2) Utiliser le réseau afin d'adapter et faire connaître les alternatives proposées en passant par :
  - a. Analyser la perception qu'ont les producteurs des alternatives techniques proposées en terme d'avantages potentiels.
  - b. Identifier les contraintes techniques majeures à la mise en place de ces alternatives selon les producteurs
  - c. Identifier des voies d'adaptation potentielle de ces alternatives, soit mises en œuvre, soit proposées par les producteurs en fonction de a) et b).
  - d. Recueil de la perception des voisins, analyse collective, support de diffusion d'information auprès du reste de la communauté.

La nature de ces deux objectifs principaux et la qualité de l'information requise pour chacun d'eux étant considérablement différentes, nous proposons de structurer le réseau de parcelles test en milieu paysans en deux dispositifs complémentaires :

- Un suivi agronomique plus complet sur une centaine de parcelles visant à couvrir le premier grand objectif.
- Un suivi plus léger sur le reste du réseau visant à valider les conclusions du suivi complet et à couvrir le deuxième grand objectif.



## **II.1 Un réseau de suivi agronomique pour analyser les rendements obtenus par les producteurs**

### **II.1.a L'échantillon de parcelles**

Ce premier réseau s'établira sur un sous-échantillon des parcelles tests installées en milieu paysan. Afin de répondre au mieux à l'objectif fixé, il conviendra de choisir ce sous échantillon selon les critères suivants :

- Des parcelles couvrant la plus grande diversité des conditions (physique mais aussi socio-techniques) rencontrées par les producteurs.
- Une diversité stratifiée en fonction de grandes hypothèses d'explication des rendements que l'on voudra tester.
- Des producteurs suffisamment ouverts et réceptifs pour se prêter à l'exercice de la visite régulière des techniciens, de l'enquête continue et de l'analyse objective des résultats obtenus.

Pour cela, après concertation des membres du projet sur leurs capacités de suivi, nous pouvons proposer un échantillon constitué d'environ 120 parcelles<sup>6</sup> réparties de la façon suivante :

- 30 parcelles avec couples Sorgho conv-Sorgho + Brachiaria
- 30 parcelles avec couples Sorgho conv-Sorgho + Crotalaire
- 30 parcelles avec couples Maïs conv-Maïs + Brachiaria
- 30 parcelles avec couples Maïs conv- Maïs + Crotalaire
- 30 parcelles avec couples Coton trad-Coton paillé en semis direct

Les hypothèses principales à tester nous semblent être :

- Vérifier les avantages comparatifs des SCV à mieux valoriser les ressources rares (eau et fertilité chimique) de cette région (prolongement du travail de stage).
- Analyser les modalités d'expressions de ces avantages comparatifs dans la diversité des conditions des producteurs locaux.

Pour cela, nous proposons que ces parcelles soient sélectionnées parmi les plus anciennes en SCV. En effet, de cette façon on sélectionnera les parcelles qui ont le plus de chance d'exprimer des effets bénéfiques cumulés sur la dynamique de l'eau. De même on aura affaire à des producteurs avec un minimum d'expérience en semis direct ce qui devrait permettre d'éviter les accidents simples de gestion dus au manque d'expérience et à une mauvaise maîtrise technique de ces nouveaux systèmes (cela n'empêchera pas de voir apparaître divers facteurs limitants de différentes natures).

Evidemment les parcelles de Maïs se concentreront dans la zone Nord-Cameroun et les parcelles de sorgho plus dans la zone de l'extrême Nord-Cameroun. Les parcelles de coton pourront se répartir sur les deux zones afin de mieux prospecter la diversité de conditions climatologiques. Nous conseillons toutefois de se concentrer sur des paillis de céréales (maïs ou sorgho selon la région) + Brachiaria pour se limiter à une seule nature de paillis.

Vu les hypothèses à tester, les autres critères de sélection des parcelles pourrait être les mêmes que ceux utilisés pour les travaux de stage décrits précédemment soit, couvrir la plus grande diversité de sols (voir les 5 types décrits dans **I.3.b.a** + la diversité des sols dans Nord-

---

<sup>6</sup> Certaines parcelles porteront plusieurs couples de comparaison

Cameroun non abordée), ainsi que différents niveaux de contrôle des biomasses durant la saison sèche (niveaux de paillage disponible).

Cet échantillonnage gagnerait à être pérennisé d'année en année afin d'en faciliter son suivi par les techniciens. Il ne devrait être modifié que si des situations venaient à être perdues en cours de processus, si de nouvelles alternatives techniques devaient être testées, ou si les hypothèses à tester venaient à changer.

## **II.1.b Les observations**

Nous suggérons que les observations directes se répartissent lors de quatre passages durant le cycle de culture (levée, croissance végétative = montaison pour céréales, post-floraison, récolte) plus un éventuellement après pour compléter les informations manquantes).

**Les conditions du milieu** : La pente moyenne de la parcelle sera évaluée.

En ce qui concerne le sol, nous proposons que soit estimé une RU et une note de fertilité (de 1 à 5) pour chaque grand type de sol défini au départ. Cette première définition peut se baser soit sur une approche expert (cf proposition pour extrême nord), soit sur les définitions vernaculaires locales de ces sols. On pourra pratiquer un échantillonnage sur quelques situations de chaque type et procéder à des analyses laboratoire (différentes strates pour RU et texture, 0-20 cm pour les caractéristiques chimiques). Pour chaque type en fonction des taux de MOS et disponibilité en principaux éléments une classification de fertilité pourra être établie. La pertinence de la classification a priori pourra être vérifiée a posteriori comme réalisé dans la thèse de Scopel (1994) au travers d'une analyse multivariée sur l'ensemble de ces critères physiques et chimiques.

En ce qui concerne le climat, la pluie sera relevée journalièrement dans chacune des communautés, en un point le plus central possible par rapport à l'ensemble des parcelles. La demande évaporative sera estimée à partir des données des stations de Maroua pour l'extrême Nord et de Garoua pour le Nord.

**La biomasse initiale disponible pour le paillis** : cette biomasse sera estimée à partir des échelles visuelles élaborées lors du stage de cette année

**Qualité de la levée** : idem au comptage actuel, soit nombre de poquets et nombre de plantes par poquets sur 3 lignes de la parcelle.

**Enherbement** : un coefficient d'enherbement sera établi pour chaque passage sur les mêmes trois lignes de chaque parcelle<sup>7</sup>. Un coefficient synthétique sommant les notes pour chaque passage pourra être utilisé. Dans le cas des associations, on distinguera le poids de la plante associée de celui des autres adventices. D'autres indicateurs indirects pourront être utilisés comme le nombre de sarclages et leur durée en nombre d'hommes x jours pour chacun d'entre eux.

**Ravageurs et maladies** : une note sanitaire de 1 à 5 pourra être attribué à chaque passage en se concentrant sur les trois mêmes lignes de la parcelle. Un indicateur synthétique sera obtenu en sommant les notes des trois passages. D'autres indicateurs indirects pourront être utilisés

---

<sup>7</sup> Toutes les observations directes seront concentrées sur les mêmes trois lignes de chaque parcelle, afin de mieux analyser l'élaboration du rendement sur cette sous parcelle.

comme le nombre de contrôles chimiques et les doses de produits appliqués, particulièrement sur le coton.

**Fertilisation** : les produits utilisés seront recensés, les doses en divers éléments minéraux apportés seront calculées.

**Valorisation de l'eau** : pour chaque situation, la valorisation de l'eau sera évaluée par l'application du modèle de bilan hydrique simple calibré dans le travail de stage de G. Soutou. Pour chaque situation, les paramètres et variables d'entrée du modèle seront définis grâce aux informations recueillies lors de ce suivi (caractérisation RU, disponibilité paillis, conséquences sur ruissellement et évaporation, biomasse à floraison et conséquences sur KCmax, calage du cycle, pluviométrie, demande climatique). Ainsi des taux de satisfaction de la demande hydrique du couvert (ETR/ETM) pourront être calculés pour la période critique (3 semaines autour de la floraison pour céréales et post floraison pour coton) ou pour l'ensemble du cycle.

**Biomasse floraison** : une méthode indirecte basée sur l'échelle photographique établie dans le travail de stage de cette année pourra être utilisée.

**Rendements et biomasse finale** : ces deux derniers éléments seront calculés à la récolte sur le sous-échantillon des 3 lignes principalement suivies. Le poids total de grains ou de capsules seront pesés ainsi que la biomasse végétative, ce pour les céréales, les plantes associées, **mais aussi pour le coton**<sup>8</sup>. Les composantes du rendement seront évaluées sur l'ensemble des deux lignes pour le nombre de pieds, le nombre d'épis et sur un sous échantillon d'épis pour le nombre de grains (ou de capsules) et le poids des grains (ou des capsules), le coefficient de battage, l'humidité des grains.

**Les autres informations concernant les ITks** : toutes les autres informations concernant la nature, les dates et les modalités des interventions sur les différentes situations par les producteurs seront recueillies par entretien à chaque passage et complété si nécessaire après la récolte.

## II.1.c L'analyse

L'analyse pourra être réalisée à deux niveaux :

- la vérification directe de certaines hypothèses en comparant les écarts de résultats entre les deux membres d'un couple de situations dans deux sous-échantillons de population (ex : écarts SCV – conv entre les gens sur un type de sol et un autre, ou entre ceux qui utilisent des herbicides et les autres). On peut procéder dans ce cas à des comparaisons simples de moyennes entre ces deux populations.
- L'analyse globale de la diversité des résultats obtenus (analyse de l'élaboration du rendement sur l'ensemble de la population), identification des causes de ces résultats (facteurs limitants), comportement de chaque traitement vis-à-vis de la valorisation de ces facteurs limitants. On peut procéder ici à des analyses multivariées accompagnées de comparaisons simples concernant certains facteurs (voir thèse Scopel 1994).

---

<sup>8</sup> L'obtention des biomasses totales produites est importante pour analyser la valorisation des ressources naturelles et l'approche de bilans de fertilité liés à certains éléments (exportations, apports hexogènes, restitutions).

## ***II.2 Un réseau de validation des résultats et d'analyse de la perception de producteurs***

Ce réseau sera utilisé pour confirmer les conclusions issues de l'analyse des rendements sur le sous réseau complet antérieur. Pour cela, il devra permettre de recueillir des indicateurs sur les grands facteurs responsables de l'élaboration du rendement mais évalués de façon souvent indirecte et beaucoup plus grossière que dans le suivi complet.

Par ailleurs, il doit permettre de mieux percevoir la réaction, la perception des producteurs face aux alternatives techniques proposées. Une grande part doit donc être laissée au dialogue entre technicien et producteur, dialogue qui doit toutefois déboucher sur une information systématisée permettant de réorienter, en fonction des situations, le message technique lié à l'innovation.

### **II.2.a Les observations et l'information recueillie**

Nous proposons que l'information soit essentiellement recueillie sous forme d'entretiens avec le producteur ou l'ensemble de la communauté, et que seules quelques observations soient effectuées lors d'un seul passage sur la parcelle avant ou autour de la floraison.

**Les conditions du milieu** : La pente moyenne, la RU et la fertilité naturelle seront estimées de la même façon que dans le suivi complet.

**La biomasse initiale disponible pour le pailis** : cette biomasse sera estimée à partir des mêmes échelles visuelles utilisées dans le suivi complet, soit directement par le technicien si possible en début de cycle, soit postérieurement par le producteur.

#### **Observations directes lors du passage sur la parcelle :**

Lors de ce passage le technicien devra donner une note concernant l'enherbement, une autre concernant l'état sanitaire de la culture à ce moment donné. Il devra estimer grâce aux échelles visuelles établies le niveau de biomasse produite aux alentours de la floraison pour chaque espèce en croissance sur la parcelle.

**Rendements, composantes et biomasse finale** : ces éléments seront estimés à la récolte soit directement par le personnel du projet, soit avec l'appui du producteur qui récoltera lui-même trois lignes de chaque parcelle gardant le produit jusqu'au passage des techniciens pour effectuer les pesées et les comptages (nombre de pieds). Un sous-échantillon de grains, d'épis ou de capsules sera prélevé pour effectuer des comptages au laboratoire et estimer les autres composantes du rendement (poids de 100 grains ou capsules, nombre de grains ou capsules = poids total/poids d'1 grains ou d'1 capsule). L'essentiel est ici d'avoir les rendements, les biomasses totales seront utiles également s'il est possible de les récolter et de les peser sur les trois lignes également.

**Les autres informations à recueillir par entretien** : toutes les informations concernant les ITKs appliqués par le producteur dans chaque situation pourront être recueillis après la récolte. Ainsi toutes les informations nécessaires à l'estimation du bilan hydrique par le modèle retenu devraient être disponibles.

Par ailleurs, on demandera au producteur qu'il fasse une évaluation a posteriori (note de 1 à 5) de la qualité du contrôle de l'enherbement dans chaque cas ainsi que du contrôle sanitaire sur

l'ensemble du cycle (une vérification de cohérence pourra être faite avec les observations directes effectuées à floraison). Un large espace devra être laissé dans la discussion aux commentaires que le producteur pourra faire sur chaque opération culturale et les raisons de leurs succès ou de leur échec. On cherchera à recueillir les informations suivantes :

- Avantages effectifs ou potentiels des SCV repérés par le producteur.
- Accident important de gestion, particulièrement chez les "novices" en première ou deuxième année de SCV.
- Difficultés techniques ou organisationnelles rencontrées, particulièrement celles spécifiques aux SCV.
- Analyse des possibilités de solutions pour les accidents et difficultés rencontrées, dans le contexte de la propre exploitation, aménagements nécessaires (internes ou dépendant de l'extérieur).
- Repérage d'adaptations possibles effectuées par le producteur (raisons, efficacité).

Cette analyse individuelle pourra être complétée par une analyse collective (réunissant les participants au réseau mais aussi leurs voisins) dans laquelle serait recherché le même type d'information, mais selon le point de vue de divers producteurs. Une analyse comparative de ces points de vue est souvent éclairante de la réceptivité de différents types de producteurs.

## **II.2.b L'analyse**

L'analyse se fera ici en deux niveaux :

- Une analyse des performances par l'analyse des rendements et des biomasses produites en fonction de pratiques et des conditions. Cette analyse sera assez similaire à celle effectuée sur le réseau de suivi plus complet mais en utilisant les indicateurs plus généraux recueillis ici. On cherchera à vérifier les tendances mises en évidence sur l'autre réseau (analyse comparative structurée en fonction de ces hypothèses).
- Une analyse de la perception technique des producteurs : Cette information sera inventoriée dans une base de données qui permettra de suivre et d'adapter l'appui technique fourni de façon individualisé à chaque producteur et un inventaire général des problèmes les plus fréquents en fonction de chaque type de producteur.

## ***II.3 Valorisation de l'information recueillie sur les deux premières années***

Sur les deux premières campagnes (2002 et 2003). Le réseau de parcelles, même si moins important et moins structuré, a été suivi de façon assez complète (ITKs, conditions de milieu, résultats obtenus) de façon tout à fait comparable à ce préconisé ici pour le suivi complet. Déjà une analyse structurée pour vérifier directement certaines hypothèses a été réalisée par les membres du projet. On peut juste leur recommander de compléter, si nécessaire, par une analyse multivariée de ces résultats pour approfondir l'analyse des performances des SCV en premières années d'application par les producteurs.

**Remarque générale importante** : Il ne faut pas minimiser le poids d'une bonne gestion de l'information dans l'efficacité de cet outil de suivi. Le temps nécessaire à recueillir, à traiter et analyser l'information est important et un contrôle de qualité est nécessaire. **Il faut donc penser à l'organisation de la chaîne recueil, vérification, capture et analyse de cette**



**information, conclusions, conséquences sur le projet** (rôle de chacun : qui capture, qui gère, qui traite). Ce processus ne peut reposer sur une seule personne, différents agents devront être formés pour prendre petit à petit à leur compte l'ensemble ou partie de ce processus.

### **III Quelques éléments concernant le volet de recherche d'accompagnement mené par l'IRAD**

Nous avons eu l'occasion de rencontrer les collègues de l'IRAD menant un volet de recherche d'accompagnement en appui au projet SCV lors d'une réunion impliquant également différents acteurs du projet eau-sol-arbre. Durant cette réunion il nous a été donné l'opportunité de présenter des recherches menées sur la dynamique de l'eau, de l'azote et de la matière organique sous SCV dans le cadre d'autres projets (Mexique, Brésil). Par la suite, les chercheurs de l'IRAD ont présenté les résultats obtenus lors de la dernière campagne de recherche.

Etant donné que le temps d'échange (une demi-journée) est resté très court, nous nous contenterons de donner quelques sensations assez personnelles et quelques recommandations et qui n'ont donc valeur que d'éléments de réflexion pour les différents partenaires du projet.

De façon générale, on a l'impression qu'il n'y a peut-être pas assez de concertation entre les différents acteurs (projet Sodecoton et équipe de recherche IRAD) concernant la définition des objectifs de recherche. Il semblerait plus efficace que ces objectifs (généraux et spécifiques à chaque campagne) soient plus étroitement négociés et que les demandes des techniciens et agents du projet remontent de façon plus efficace auprès des instances décisionnaires.

A notre analyse rapide, il y a quatre domaines dans lesquels les recherches de l'IRAD pourraient amener un plus considérable pour l'efficacité globale du projet :

1. Mieux caractériser les conditions d'apparition d'une compétition entre la céréale principale et une plante de couverture associée. Pour cela un dispositif simple comprenant 2 localités (Nord et extrême Nord) 2 plantes d'association (Brachiaria ou Crotalaire) + la céréale pure, 2 niveaux de fumures (différentes demande en eau) et 3 dates de semis, le tout pérennisé sur deux ou trois ans, permettrait de mieux défricher ce problème que les différents dispositifs actuels.
2. Pour la culture du coton, caractériser les effets précédents d'associations de culture Céréales + plantes de couvertures (qui sont les SCV préconisés) et non pas l'effet de la plante de couverture seule tel que cela est fait actuellement.
3. Concernant le contrôle des adventices, il semble recommandable de considérer les temps de travaux totaux dans chaque traitement dans les critères d'évaluation. En effet, le ratage d'un contrôle chimique précoce peut engendrer des temps de sarclage ou d'arrachage manuel supérieurs par la suite, ou inversement un contrôle chimique initial réussi peut permettre d'économiser certains sarclage ainsi que diminuer la pénibilité de ces derniers. Dans le même ordre d'idée, il serait intéressant d'introduire parmi les traitements la possibilité de contrôles localisés (utilisation de caches) en post.
4. Concernant les relations entre agriculture et élevage, on constate la réalisation de bons diagnostics, au travers d'études de cas, de l'utilisation actuelle de la biomasse au niveau des terroirs. Il nous semble intéressant maintenant d'approfondir la caractérisation des flux de biomasse, notamment avec l'apparition de systèmes alternatifs (SCV) et de tester des nouveaux scénarii (par exemple 50% des surfaces passant en SCV ou suppression du feu !). Un autre niveau important nous paraît être

d'approfondir quelles méthodes de concertation on peut tester, voire préconiser, pour faciliter les négociations entre agriculteurs et éleveurs concernant l'utilisation de l'espace et l'utilisation des biomasses produites sur les parcelles agricoles. Les divergences d'intérêts sont évidentes mais la demande de la part des agriculteurs d'une meilleure maîtrise de l'espace apparaît chaque fois plus forte<sup>9</sup>. Ces négociations seront indispensables pour l'application efficace de SCV et une appropriation plus significative de ces techniques.

Nous tenons à remercier l'ensemble des collègues ayant participé à cette réunion pour la cordialité et l'ouverture avec lesquelles nous avons pu échanger des idées fort intéressantes en si peu de temps.

---

<sup>9</sup> Un critère nous a semblé très significatif. Le projet eau-sol-arbre n'arrive plus, dans certaines régions, à subvenir à la demande en plants de haies vives de la part des producteurs. Il y a là un désir latent de mieux contrôler leur espace agricole.