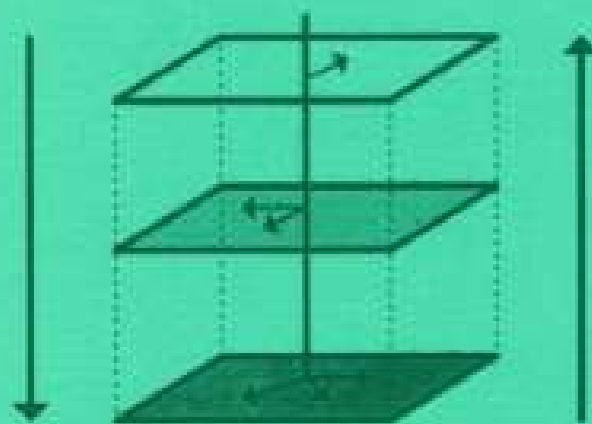


Exploitation de la variabilité multi-échelle des systèmes d'utilisation des terres afin d'améliorer la gestion des ressources naturelles dans la zone soudano-sahélienne d'Afrique de l'Ouest (MUSCLUS)



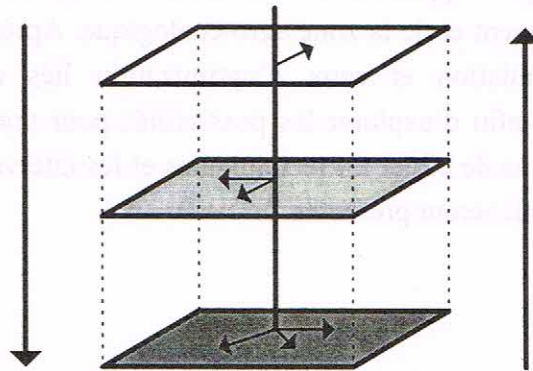
En collaboration avec l'INRAN, l'INERA, l'IER, des ONGs et
des projets de développement au Niger, au Burkina Faso et au Mali,
et l'Ecole diplômée de Ecologie de Production C.T. de Wit (PE) aux Pays-Bas.

Exploitation de la variabilité multi-échelle des systèmes d'utilisation des terres afin d'améliorer la gestion des ressources naturelles dans la zone soudano-sahélienne de l'Afrique de l'Ouest (MUSCLUS)

Méthodologie et plan de travail

N van Duivenbooden

1997



*En collaboration avec l'INRAN, l'INERA, l'IER, des ONGs et
des projets de développement au Niger, au Burkina Faso et au Mali,
et l'Ecole diplômée de l'Ecologie de Production (PE) aux Pays-Bas*

Référence: van Duivenbooden, N. 1997. Exploitation de la variabilité multi-échelle des systèmes d'utilisation des terres afin d'améliorer la gestion des ressources naturelles dans la zone soudano-sahélienne de l'Afrique de l'Ouest (MUSCLUS): méthodologie et plan de travail. Integrated Systems Project Report Series no. 2. Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, Inde: Institut international de recherche sur les cultures des zones tropicales semi-arides. 48 pp. (Publication semi-formelle.)

Une publication semi-formelle de l'ICRISAT rédigée pour une distribution limitée.

Résumé

Dans les systèmes de production basés sur le mil et le sorgho dans les régions semi-arides de l'Afrique de l'Ouest, l'impact de la recherche sur le développement agricole est faible pour différentes raisons. Parmi elles, la variabilité de systèmes d'utilisation des terres, qui est présente à plusieurs échelles. Cela implique que l'on doit identifier des recommandations appropriées pour les parties concernées à chaque niveau. Pour ce faire, une activité de recherche conjointe entre le Centre Sahélien de l'ICRISAT (Niger), l'INRAN (Niger), l'INERA (Burkina Faso) et l'IER (Mali) a été initiée avec un appui scientifique de plusieurs instituts à Wageningen, Pays-Bas. Les objectifs de ce projet sont: (i) améliorer la gestion des ressources naturelles en ciblant des technologies de l'environnements spécifiques et à travers une exploitation de la variabilité multi-échelle de l'environnement bio-physique et socio-économique; (ii) formuler des recommandations pragmatiques pour une gestion intégrée des ressources naturelles (GIRN) à l'intention des décideurs régionaux et des paysans; et (iii) développer une méthodologie pour élargir l'échelle d'utilisation des résultats obtenus à l'échelle d'un champ. L'approche de la recherche inclue les échelles d'exploitation du ménage, du village, du département et de la zone agro-écologique. Après une caractérisation multi-échelle, les modèles de simulation et ceux d'optimization liés au système d'information géographique seront appliqués afin d'explorer les possibilités pour une agriculture durable et les options de développement en vue de cibler les technologies et les interventions. Dans ce rapport, la méthodologie et le plan de travail seront présentés.

Les avis exprimés dans cette publication sont ceux des auteurs et non pas forcément ceux de l'ICRISAT. Les appellations employées dans la publication et la présentation des données qui y figurent n'impliquent, de la part de l'ICRISAT, aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites. Si des spécialités commerciales sont nommées, cela ne signifie ni préférence, ni discrimination de la part de l'Institut à l'égard de certains produits.

Table des Matieres

	Page
Résumé exécutive	v
Introduction	1
<i>Historique</i>	1
<i>Le projet MUSCLUS</i>	4
Objectifs et buts	8
Approche de recherche générale	9
<i>Analyse des Systèmes d'Utilisation des Terres</i>	9
<i>Remarques générales</i>	15
Execution du projet	16
<i>Définition des points clés et des buts communs</i>	16
<i>Activités</i>	17
<i>Collaboration avec les SNRA, ONGs, CIRAs et projets de développement</i>	26
<i>Agenda provisoir d'activités du projet</i>	31
References	33
Annexe 1. Besoins des données pour la caractérisation des systèmes d'utilisation des terres à échelles multiples	39
<i>Echelle macro: Zone agro-écologique</i>	39
<i>Echelle reconnaissance: District</i>	39
<i>Echelle semi-détaillé: Village</i>	39
<i>Echelle détaillé: Exploitation du ménage</i>	41
Annexe 2. Abréviations	42

Résumé exécutive

Dans les zones tropicales semi-arides de l'Afrique de l'Ouest, les conditions agro-écologiques et socio-économiques diffèrent considérablement aussi bien du point de vue spatial que temporel. En conséquence, les paysans utilisent plusieurs types de systèmes de production occasionnant une grande variation de productivité à travers et entre les zones agro-écologiques ainsi que les types d'exploitations. Du fait de l'exploitation minière du sol et d'autres techniques de gestion inappropriées, la plupart des systèmes de production ne sont plus durable. Maintenant, la délimitation des échelles permet une analyse systémique pour définir les options de développement agricole (par exemple une évaluation sous la forme de l'augmentation du taux d'autosuffisance) basé sur des systèmes de production durable et leurs technologies correspondantes. Les caractéristiques des systèmes d'utilisation des terres et leur variabilité inhérente sont différentes à chaque échelle. Les plus petites échelles sont moins détaillées que les grandes. La variation dans les caractéristiques des systèmes d'utilisation des terres en tant que fonction de l'échelle est appelée "variabilité multi-échelle". L'exploitation de cette variabilité multi-échelle peut être utilisée pour mieux comprendre les processus-clés du fonctionnement des système d'utilisation des terres, analyser les risques des systèmes d'utilisation des terres actuels ou alternatifs, et cibler spécifiquement les techniques et les interventions.

Le projet "Exploitation de la variabilité multi-échelle des systèmes d'utilisation des terres afin d'améliorer la gestion des ressources naturelles dans la zone soudano-sahélienne de l'Afrique de l'Ouest" ou MUSCLUS est une activité de recherche conjointe entre l'ICRISAT et les SNRA du Mali, du Burkina Faso et du Niger, avec un appui scientifique de plusieurs instituts à Wageningen, Pays-Bas. Il est planifié sur 5 ans (1996-2000) et est partiellement financé par la Direction Générale pour la Coopération Internationale (DGIS) du Ministère Néerlandais des Affaires Etrangères. MUSCLUS fait partie des Projets de Systèmes Intégrés de l'ICRISAT et fera une utilisation optimale de l'expérience de l'institut dans la région.

Les objectifs de ce projet sont: (i) améliorer la gestion des ressources naturelles en ciblant des technologies de l'environnements spécifiques et à travers une exploitation de la variabilité multi-échelle de l'environnement bio-physique et socio-économique; (ii) formuler des recommandations pragmatiques pour une gestion intégrée des ressources naturelles (GIRN) à l'intention des décideurs régionaux et des paysans, essentiellement sur la base des résultats de recherche existants; et (iii) développer une méthodologie pour élargir l'échelle d'utilisation des résultats obtenus à l'échelle d'un champ.

L'approche de recherche utilisée dans ce projet est l'Analyse des Systèmes d'Utilisation des Terres (ASUT). Elle vise à couvrir une gestion efficace des ressources en vue de la satisfaction des besoins humains fluctuants sans dégrader l'environnement ou la base de ressources naturelles. La méthode analyse les processus et les composantes des systèmes d'utilisation des terres en cinq

étapes, selon une approche multidisciplinaire, d'une manière intégrée et interdisciplinaire, en vue de générer des options alternatives claires et quantifiées d'utilisation des terres à différentes échelles. Les étapes principales sont: (i) la définition et la formulation des visions et des objectifs communs des paysans, des chercheurs et des planificateurs et décideurs d'utilisation des terres, (ii) la caractérisation compréhensive des agro-systèmes actuels à différents échelles, (iii) la recherche limitée aux composantes et aux flux les plus importantes des systèmes d'utilisation des terres, (iv) l'analyse de scénarios de développement à l'aide d'un modèle de programmation linéaire à buts multiples allié au système d'information géographique, et (v) l'évaluation de nouvelles technologies et pratiques de gestion recommandées par les paysans et les chercheurs. On distingue quatre niveaux d'échelle fondées sur le processus de prise de décision. la zone agro-écologique, le 'district' (l'arrondissement ou le département), le terroir villageois et l'exploitation du ménage.

Parmi les résultats escomptés on peut citer un système d'aide à la décision qui permet de cibler les technologies et les interventions pour des environnements spécifiques, des lignes directrices pour les politiciens, les parties intéressées et les paysans en vue de l'amélioration de la production agricole et du développement des systèmes d'utilisation des terres durables, et des options de gestion pour les paysans. On peut noter aussi une méthodologie en vue de l'extrapolation et du transfert ('régionalisation') des résultats et informations de la recherche au niveau du champ vers celui du district.

Les principaux collaborateurs sont l'Institut National de Recherche Agronomique au Niger (INRAN), l'Institut d'Etudes Et de Recherches Agricoles (INERA, Burkina Faso) et l'Institut d'Economie Rural (IER, Mali) et l'école diplômée C.T. de Wit de l'Ecologie de Production de l'Université Agricole de Wageningen (PE, Pays Bas). Ce groupe pourra s'élargir dans un futur proche à d'autres SNRA, organisations non-gouvernementales, centres internationales de recherche agricole, instituts de recherche avancée, et projets de développement. La collaboration s'effectue à travers la liaison des activités en cours et sur la base du 'principe de l'alignement', c'est-à-dire, que les activités de ce projet seront exécutées de telle manière que les résultats de l'un ou l'autre des partenaires contribuent aux résultats des autres (la situation dite de 'win-win').

L'accent sera mis sur les systèmes de production à base de mil et de sorgho au Mali, Burkina Faso et Niger dans les zones Sud-sahélienne et Nord-soudanienne de l'Afrique de l'Ouest: avec une pluviométrie de 400 à 700 mm ou avec une longueur de saison culturale de 60 à 125 jours. Un site par pays a été sélectionné dans chaque zone. Les districts et villages sélectionnés au Niger sont: Tillabery (Banizoumbou) et Dosso (Tanda); au Burkina Faso: Banh (Madougou) et Fada (Kouaré); et au Mali: Mopti (Lagassagou) et Sikasso (M'Peresso).

Mot clefs: Afrique sub-Saharienne, échelles, augmenter et réduire l'échelle, caractérisation, analyse de systèmes d'utilisation des terres, modèle aux critères multiples, modèle de simulation, intégration de disciplines, alignement, approche consortium

Introduction

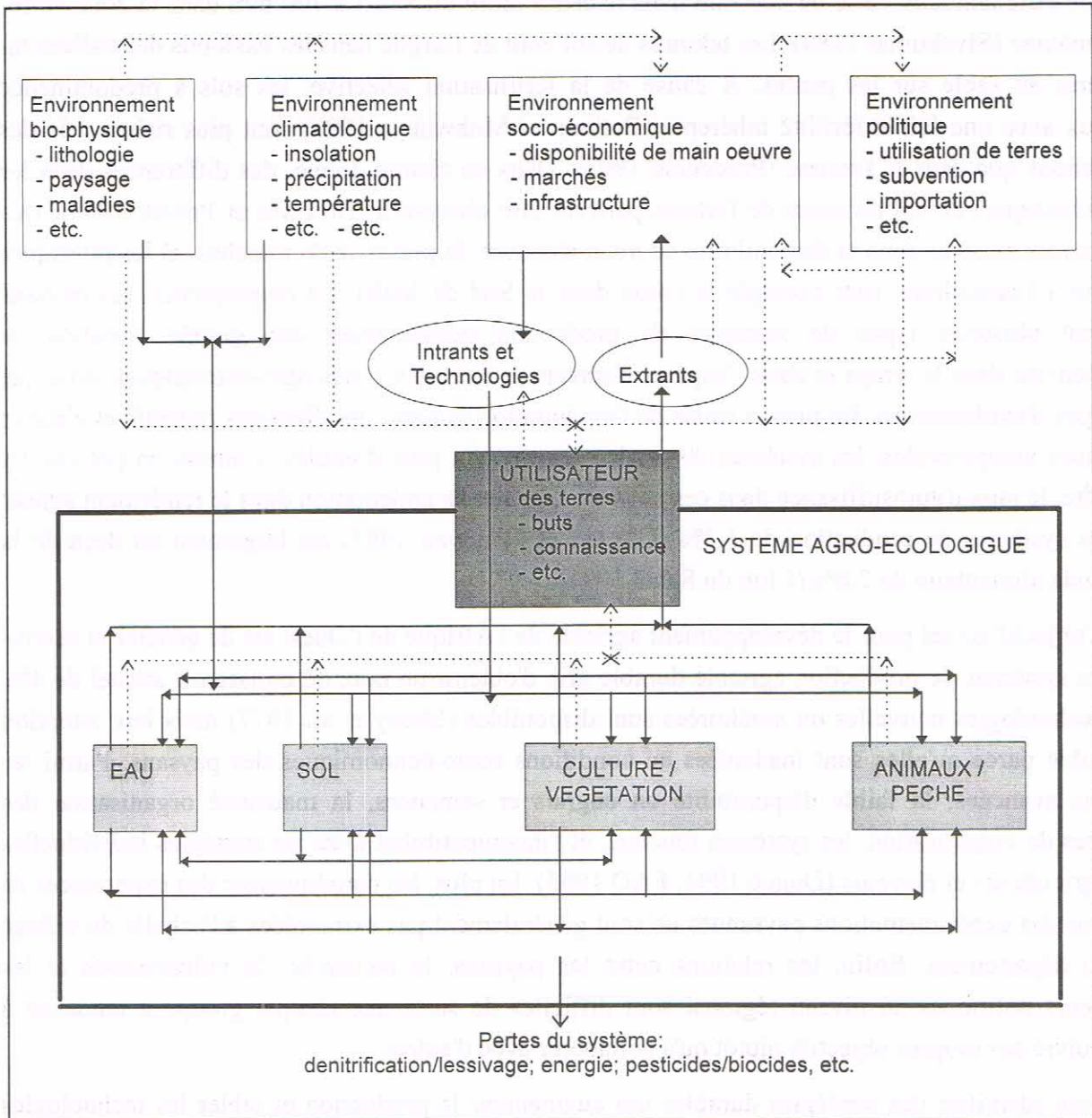
Historique

Dans les zones tropicales semi-arides de l'Afrique de l'Ouest, les conditions agro-écologiques et socio-économiques diffèrent considérablement du point de vue spatial et temporel. Par exemple, la pluviométrie annuelle varie de 400 mm dans le centre-nord du Sahel à 700 mm dans la zone Nord-soudanienne (Sivakumar 1989). Les textures de sol vont de l'argile dans les basfonds des vallées intérieures au sable sur les pentes. A cause de la fertilisation sélective, les sols à prédominance sableux avec une faible fertilité inhérente (Bationo et Mokwunye 1991) sont plus riches près des habitations que dans la brousse (Prudencio 1993). Dans un champ donné, des différences dans les caractéristiques du sol au cours de l'année, peuvent être observées (Brouwer et Powell 1995). Des différences existent dans la disponibilité de main d'oeuvre, la présence de marchés, et les politiques d'appui à l'agriculture, (par exemple le coton dans le Sud de Mali). En conséquence, les paysans utilisent plusieurs types de systèmes de production occasionnant une grande variation de productivité dans le temps et dans l'espace, à travers et entre les zones agro-écologiques ainsi que les types d'exploitations. En plus, a cause de l'exploitation minière des éléments nutritifs et d'autres pratiques inappropriées, les systèmes de production ne sont plus durables. Comme on pouvait s'y attendre, le taux d'autosuffisance dans ces pays est faible et l'augmentation dans le rendement annuel de ces systèmes de production de 1,3% (Cleaver et Donovan 1995) est largement en deçà de la demande alimentaire de 2,8% (Club du Sahel 1991).

L'objectif actuel pour le développement agricole de l'Afrique de l'Ouest est de générer et accroître des systèmes de production agricole durable afin d'obtenir un taux de croissance annuel de 4%. Des technologies nouvelles ou améliorées sont disponibles (Shetty et al. 1977) mais leur adoption est faible parce qu'elles sont inadaptées aux conditions socio-économiques des paysans. Parmi les raisons avancées, la faible disponibilité en engrais et semences, la mauvaise organisation des services de vulgarisation, les systèmes fonciers, et l'incompatibilité avec les stratégies individuelles des agriculteurs et éleveurs (Dugué 1994; FAO 1995). En plus, les conséquences des expériences en stations des expérimentations paysannes ne sont généralement pas extrapolées à l'échelle du village ou du département. Enfin, les relations entre les paysans, la recherche, la vulgarisation et les décideurs politiques au niveau régional sont difficiles de sorte que chaque groupe a tendance à poursuivre ses propres objectifs plutôt qu'à collaborer avec d'autres.

Pour identifier des stratégies durables qui augmentent la production et cibler les technologies pour des environnements spécifiques en Afrique de l'Ouest, deux questions clés doivent être prises en compte dans la recherche agricole régionale: la variabilité des caractéristiques des systèmes d'utilisation des terres et l'intégration des disciplines et des Instituts (van Duivenbooden 1995). L'utilisation des terres se définit comme toute activité humaine en relation directe avec les terres,

exploitant ses ressources ou ayant un impact sur elles. Un système d'utilisation des terres est donc la combinaison d'utilisation de terre spécifique (ou de système de production) pratiquée sur une unité de surface donnée (FAO 1976). La Figure 1 montre le schéma des principaux flux et composantes des systèmes d'utilisation des terres.



— : Frontière du système; —> : Flux d'énergie, biomasse ou nutriments, ou l'effet physique
> : Flux d'information

Figure 1. Représentation schématique du système d'utilisation des terres (van Duivenbooden1995).

Un système de production est dit durable lorsque les extrants, la stabilité des extrants et l'efficacité d'utilisation des ressources sont maximisés tout en maintenant ou en améliorant le potentiel (de production) de base des ressources naturelles. L'extrant est une fonction des ressources génétiques, des environnements biotiques et abiotiques et des pratiques de gestion. La stabilité des extrants est considérée comme une fonction de la variation de ces quatre facteurs. L'efficacité de l'utilisation des ressources décrit l'efficacité avec laquelle un intrant particulier (ressource naturelle ou externe) est utilisé pour la production (Almekinders et al. 1995).

Pour faire face à la variabilité, des niveaux d'échelles créant des unités d'analyse plus ou moins homogènes doivent être identifiés car l'hétérogénéité observée à une échelle vient d'une résolution inadéquate. Travailler à différentes échelles est aussi nécessaire car: (i) les caractéristiques des processus agro-écologiques (par exemple la température) peuvent être en même temps des forces exogènes tout comme des variables du système (Fresco 1995); (ii) des schémas observés à un niveau ne peuvent s'expliquer qu'à partir de processus à un niveau plus bas (Izac et Swift 1994); (iii) la caractérisation et les données ne sont liées qu'à un seul niveau d'échelle (Andriess et al. 1994); (iv) le type de processus qui a un effet sur la potentialité de la production d'un système d'utilisation des terres est fonction de l'échelle (Kruseman et al. 1996); (v) le risque est un phénomène comportant des dimensions temporelles et spatiales (Fresco 1995); (vi) une compréhension des relations du système et l'extrapolation des résultats nécessitent une approche systémique (Andriess et al. 1994); et (vii) une solution (par exemple technique) peut être efficace à une échelle (ex: au champ), mais constituer une contrainte d'une autre nature à un niveau de résolution plus bas. (ex: aspects socio-économiques; van Duivenbooden 1993; 1995). En fin, il faut réaliser que les études statistiques n'ont qu'une valeur limitée, sinon aucune, lorsque l'échelle n'est pas précisée.

Travailler à des échelles différentes implique qu'à chaque échelle les caractéristiques des systèmes d'utilisation des terres et leur variation inhérente soient différentes (Andriess et al. 1994; Fresco 1995) et à des échelles plus petites (1/2.000.000) moins de détails sont présentés par rapport à des échelles plus grandes (1/100.000). La variation dans les caractéristiques des systèmes d'utilisation des terres à travers des échelles est appelée la "variabilité multi-échelle".

Au lieu d'éviter ou de nier la variabilité existante, la variabilité multi-échelle peut être utilisée pour (i) mieux comprendre les processus-clés des systèmes de utilisation des terres, (ii) analyser les risques des systèmes d'utilisation des terres actuels et alternatifs en termes de production améliorée et durable, et (iii) éviter une discordance des technologies et des interventions. Cette exploitation peut comprendre par exemple, l'optimisation de la production d'un champ avec différents types de sol en faisant de la diversification de cultures, et/ou la gestion spécifique par parcelles. Au niveau du district il peut comprendre, l'optimisation des systèmes de production selon les villages (en exploitant l'avantage comparatif du village) de sorte à pouvoir montrer aux paysans et aux décideurs régionaux des options de développement et des modèles de systèmes d'utilisation des terres

durables. Il est à noter que le processus de 'zooming-in' (c'est-à-dire aller d'une échelle haute vers une basse) est mieux connu que l'inverse, c'est-à-dire l'extrapolation (régionalisation).

Pour la liaison de différentes disciplines de recherche, la formulation de scénarios de développement pour de systèmes d'utilisation des terres durables est considérée comme un mécanisme efficace. Ceux-ci doivent être définis en fonction des différentes parties prenantes (paysans, chefs de village, décideurs politiques, organismes régionaux et nationaux) et pour chaque échelle (van Duivenbooden 1995). Tout en exploitant la variabilité multi-échelle des systèmes d'utilisation des terres, la formulation de tels scénarios de développement permet l'identification des technologies et interventions à différentes échelles et différents moments, et des priorités de la recherche agricole. Ceci conduira à une amélioration de l'impact de la recherche.

Le projet MUSCLUS

Le projet "Exploitation de la variabilité multi-échelle des systèmes d'utilisation des terres en vue de l'amélioration de la gestion des ressources naturelles dans la zone soudano-sahélienne de l'Afrique de l'Ouest", ou MUSCLUS, fait partie du programme de recherche de l'ICRISAT et il est partiellement financé par la Direction Générale pour la Coopération Internationale (DGIS) du Ministère Néerlandais des Affaires Etrangères. Le projet est une collaboration entre l'ICRISAT, les Systèmes Nationaux de Recherche Agronomique (SNRA) du Mali, du Burkina Faso et du Niger, et 'Wageningen': l'école diplômée C.T. de Wit de l'Ecologie de Production de l'Université Agricole de Wageningen (WAU-PE), le Centre de Recherches Agrobiologiques et de Fertilité de Sol (AB-DLO) et le groupe de travail sur l'utilisation durable des terres et la sécurité alimentaire dans les zones tropicales (DLV). Il est la suite du projet conjoint ICRISAT-Wageningen sur la variabilité de sol et de la croissance de culture (Brouwer et Bouma 1997).

Comme le titre le laisse entendre, le projet s'occupe des questions de gestion des ressources naturelles, et particulièrement le développement d'une gestion intégrée des ressources naturelles (GIRN), c'est-à-dire la gestion du sol, de l'eau, des éléments nutritifs, des cultures, des arbres, de la végétation naturelle, et du bétail en relation aux environnements bio-physique et socio-économique dans cette région.

Etant donné que l'ICRISAT a un avantage comparatif sur les aspects stratégiques internationaux de cette étude, la collaboration avec les SNRA, les Centres internationaux de recherche agricole (CIRA), les Organisations non-gouvernementales (ONG), les projets de développement et les paysans est un préalable au succès des opérations dans les sites spécifiés (Figure 2). Une caractéristique particulière de ce projet est qu'il essaye de lier ses activités à celles de ses partenaires en cours pour éviter la dispersion des capacités de recherche et de développement. De plus, une discussion avec les décideurs régionaux est envisagée afin d'aligner la recherche agricole sur les orientations

politiques. En même temps, le projet s'insère dans la structure des Projets de systèmes intégrés de l'ICRISAT sur les stratégies pour une productivité améliorée et durable dans les systèmes de production à base de mil/sorgho/légumineuses (Tableau 1).

Ce rapport (disponible aussi en Anglais; van Duivenbooden 1997) contient les résultats de discussions avec 'Wageningen', du premier Atelier MUSCLUS avec des participants de l'ICRISAT, de l'INRAN, de l'IER, de l'INERA, de l'Université de Hohenheim et DED (van Duivenbooden 1996), Atelier interne de l'ICRISAT sur les Projets Systèmes Intégrés (March 1996), et de visites de terrain et ceux des discussions avec les partenaires.

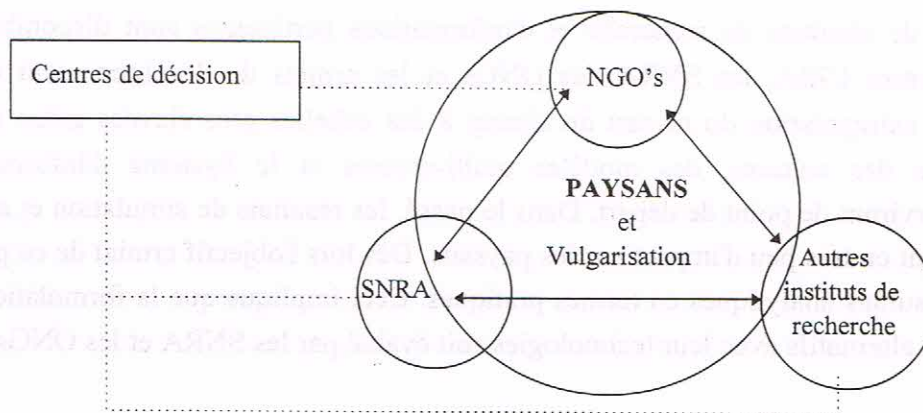


Figure 2. La collaboration interactive entre les différentes institutions impliquées dans le développement agricole.

Tableau 1. Objectifs et buts des Projets de systèmes intégrés de l'ICRISAT pour l'Afrique de l'Ouest (ICRISAT, 1995).

Titre	Objectifs et buts
Stratégies pour une productivité améliorée et durable en:	développer et évaluer des stratégies pour une productivité améliorée et durable; caractériser les systèmes de production; améliorer la productivité des systèmes d'utilisation des terres et enrayer la dégradation de la base des ressources naturelles
S1: Système de production à base de mil/légumineuses dans les zones de courte saison pluviale (60 à 100 jours)	développer des variétés améliorées, une meilleure gestion des contraintes d'éléments nutritifs et de sécheresse, des technologies durables de gestion des ressources et des méthodes intégrées des gestion des ravageurs, des maladies et des adventices
S2: Système de production à base de mil-sorgho/légumineuses dans les zones à saison pluviale intermédiaire (100 à 125 jours)	mettre l'accent sur l'introduction et l'évaluation de matériels génétiques améliorés, améliorer la gestion du sol, de l'eau et des éléments nutritifs, la gestion intégrée des ravageurs, des maladies et des adventices et l'évaluation de l'impact.
S3: Système de production à base de céréales/légumineuses de saison pluviale intermédiaire (90 à 150 jours)	améliorer la gestion du sol, de l'eau et des éléments nutritifs et des contraintes socio-économiques, intensification de la production sur les sols de forte capacité de rétention d'eau, la production sur les sols de faible capacité de rétention d'eau et gestion intégrée des sols et des cultures pour une production de contre-saison.

S1: Systèmes des zones limitrophes du désert (DMS); S2: Systèmes de savane soudanienne (SSS); S3: Systèmes de bas-fonds semi-arides (SWS).

On distingue quatre niveaux d'échelles sur la base du processus de prise de décisions, pour mieux cibler les activités de recherche. Le niveau le plus élevé est celui de la zone agro-écologique (comparable aux Systèmes de Production tels que définis par l'ICRISAT (1995)). Au sein de la zone agro-écologique, un district est sélectionné comme second niveau d'échelle au fur et à mesure que la traduction des résultats scientifiques en terme pratiques pour les unités gérées au jour le jour par les parties prenantes est requise. Le district correspond à l'arrondissement au Niger et au Mali, et au département au Burkina Faso. La superficie varie entre 500 et 1000 km². Dans ce district, on peut sélectionner un terroir villageois puis à l'intérieur de celui-ci une exploitation d'un ménage. Cette dernière contient un ensemble de champs, composés de parcelles (Figure 4). Dans le cas des éleveurs, les deux échelles les plus petites sont le troupeau et l'animal.

Comme beaucoup de résultats de recherche et d'informations pertinentes sont disponibles à l'ICRISAT, dans les autres CIRA, les SNRA, les ONGs et les projets de développement de la région, leur analyse et extrapolation du niveau du champ à des échelles plus élevées grâce à des modèles de simulation des cultures, des modèles multi-critères et le Système d'Information Géographique (SIG) serviront de point de départ. Dans le passé, les résultats de simulation et autres modèles informatisés ont eu très peu d'impact sur les paysans. Dès lors l'objectif crucial de ce projet est la traduction des résultats analytiques en termes pratiques. Ceci implique que la formulation de systèmes de production alternatifs avec leur technologies soit évalué par les SNRA et les ONGs.

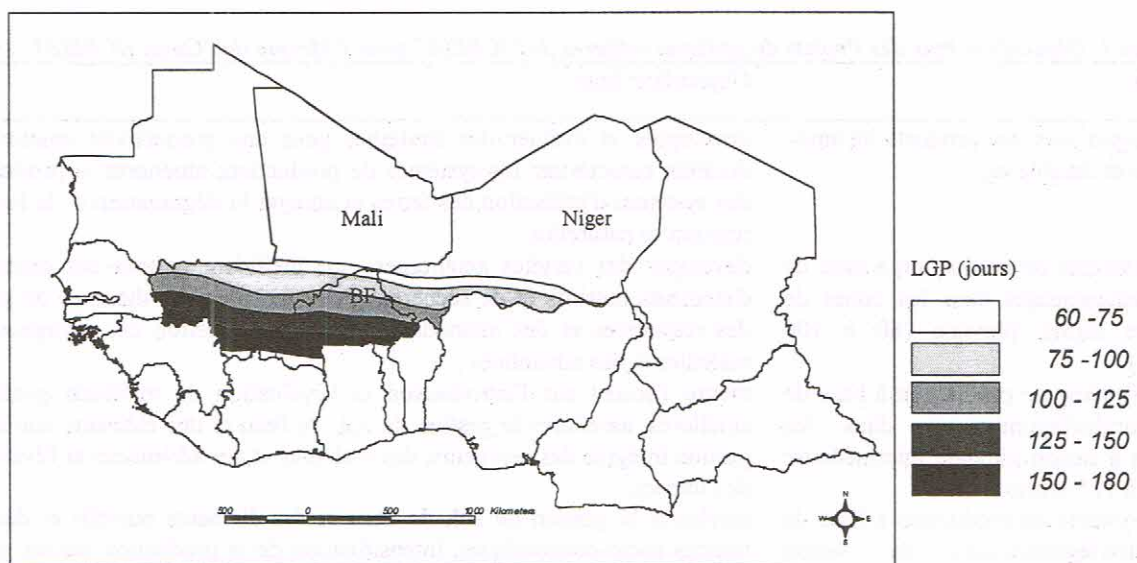
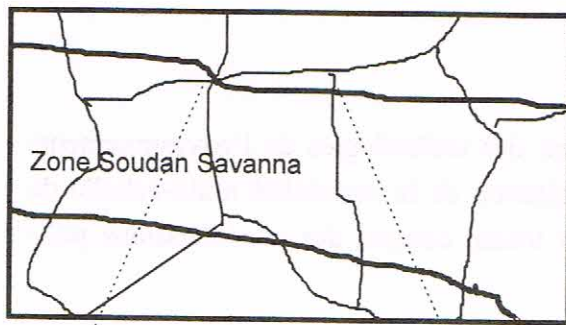


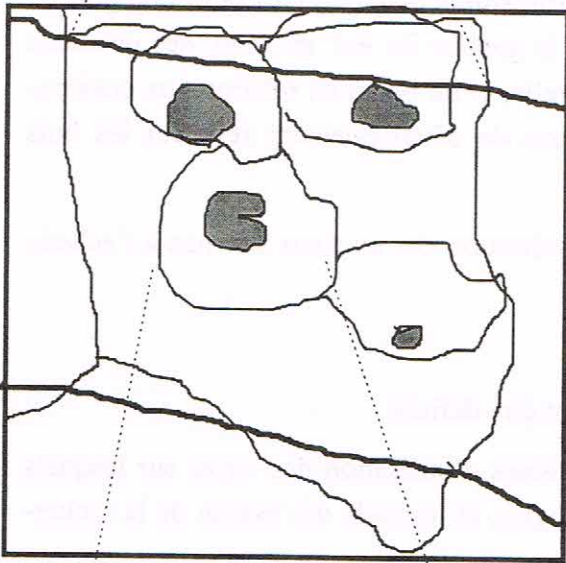
Figure 3. L'Afrique de l'Ouest avec le Mali, le burkina Faso et le Niger et leur zones LGP (selon FAO1984).



Niveau d'échelle: **Zone agro-écologique**

Echelle: 1:500.000 - 1:2.000.000

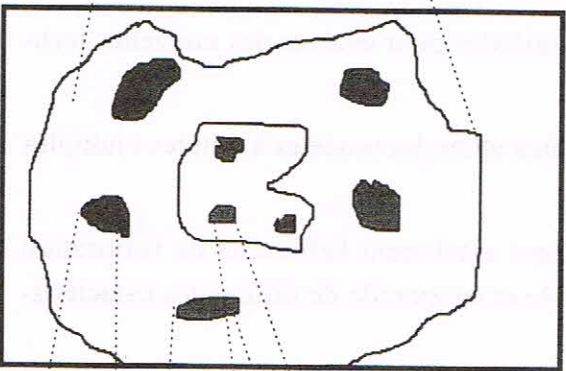
Unité d'analyse: **District**



Niveau d'échelle: **District**

Echelle: 1:100.000 - 1:250.000

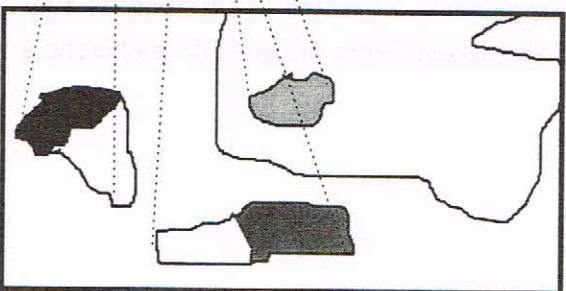
Unité d'analyse: **Village**



Niveau d'échelle: **Village**

Echelle: 1:25.000 - 1:50.000

Unité d'analyse: **Exploitation**



Niveau d'échelle: **Exploitation du ménage**

Echelle: 1:5.000 - 1:10.000

Unité d'analyse: **Parcelle**

Figure 4. Diagramme schématique des quatre niveaux d'échelle et leur unité d'analyse distinguée.

Objectifs et buts

Les objectifs principaux de ce projet sont:

- améliorer la gestion des ressources naturelles en ciblant des technologies de l'environnements spécifiques à différents échelles et à travers une exploitation de la variabilité multi-échelle de l'environnement bio-physique et socio-économique en tenant compte des considérations politiques;
- formuler des options de développement et des recommandations pragmatiques pour une gestion intégrée des ressources naturelles (GIRN), c'est-à-dire la gestion du sol, de l'eau, des éléments nutritifs, des cultures, des arbres, de la végétation naturelle, et du bétail en relation aux environnements bio-physique et socio-économique. Les options de développement reflètent les buts communs des décideurs régionaux et des paysans;
- développer une méthodologie pour élargir l'échelle d'utilisation des résultats obtenus à l'échelle d'un champ vers l'échelle du département.

Sur la base des objectifs formulés, les buts suivants peuvent être définis:

1. identifier à chaque échelle les paramètres clés des systèmes d'utilisation des terres sur lesquels devraient se concentrer les interventions et les technologies, et lesquels ont besoin de la recherche additionnelle;
2. identifier les indicateurs de durabilité qui peuvent être utilisées pour évaluer des nouvelles technologies;
3. tester des modèles de simulation des cultures déjà existants et/ou des modèles à critères multiples qui pourraient être utilisés dans le cadre de ce projet;
4. tester et transférer les technologies et les interventions (qui améliorent l'efficacité de l'utilisation de ressources naturelles) qui utilisent la variabilité spatiale et temporelle de différentes caractéristiques des systèmes d'utilisation des terres.
5. créer un réseau actif de SNRA, ONG, projet de développements, et autres institutions, et augmenter la masse critique au sein des SNRA pour qu'ils établissent leurs priorités de recherche à partir d'une perspective multi-disciplinaire.

Approche de recherche générale

L'approche de recherche utilisée dans ce projet est l'Analyse des Systèmes d'Utilisation des Terres (ASUT; van Duivenbooden, 1995). Elle vise à couvrir une gestion efficace des ressources en vue de la satisfaction des besoins humains fluctuants sans dégrader l'environnement ou la base de ressources naturelles. La méthode analyse les processus et les composantes des systèmes d'utilisation des terres en cinq étapes, selon une approche multidisciplinaire, d'une manière intégrée et interdisciplinaire, en vue de générer des options alternatives claires et quantifiées d'utilisation des terres à différentes échelles.

Analyse des Systèmes d'Utilisation des Terres

Les étapes majeures dans ASUT sont données dans la Figure 5 et écrit en détail dans les sections ci-dessus. En utilisant les données déjà existants, il est peut être possible d'éliminer certaines étapes.

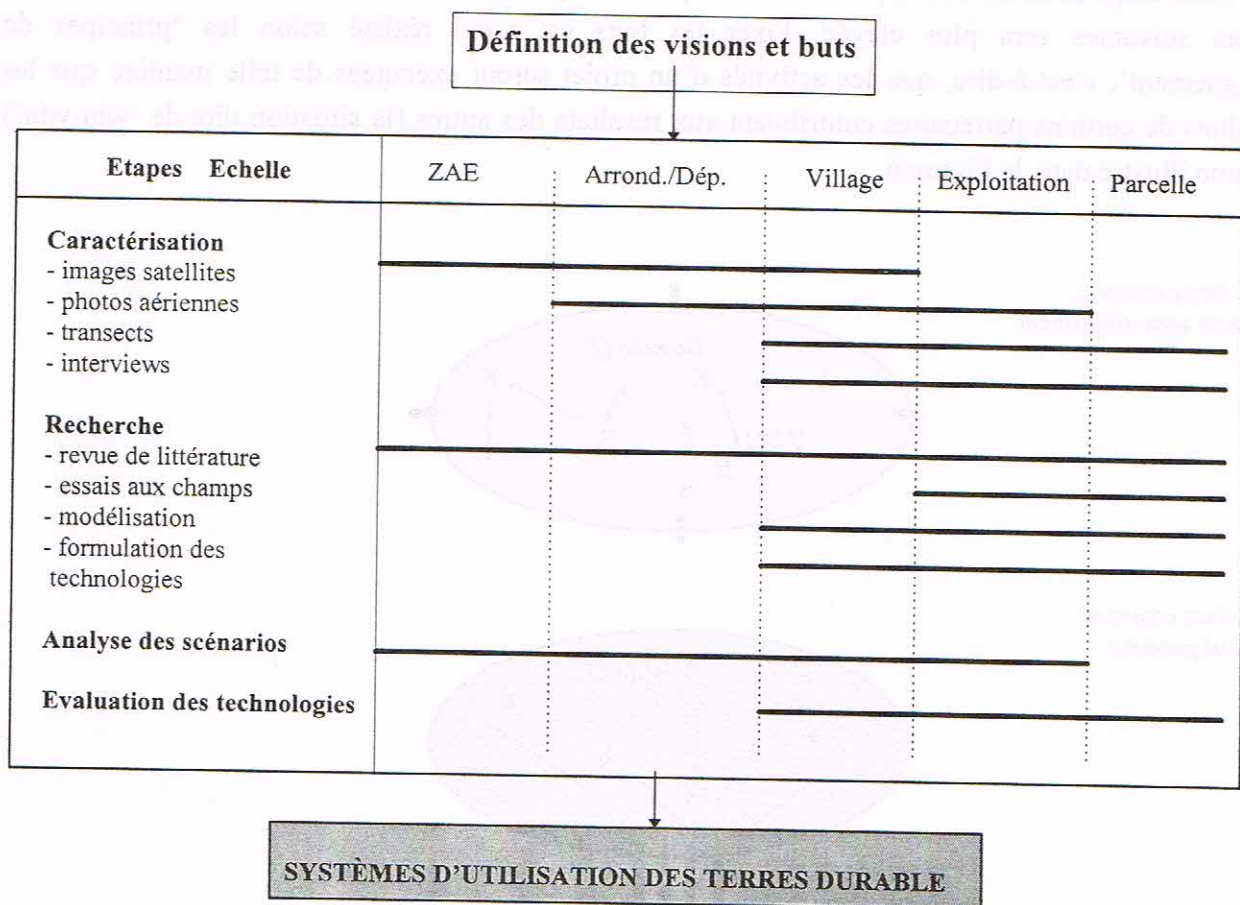


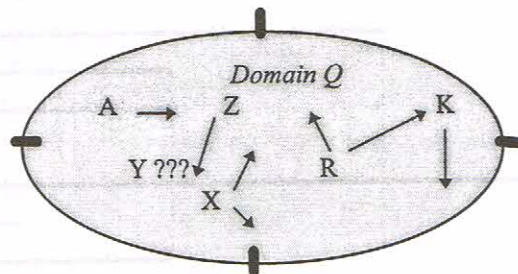
Figure 5. Diagramme simplifié des activités dans l'Analyse des Systèmes d'Utilisation des Terres et leur degré de détail; ZAE: zone agro-écologique (van Duivenbooden1995).

Définition des visions et des buts communs

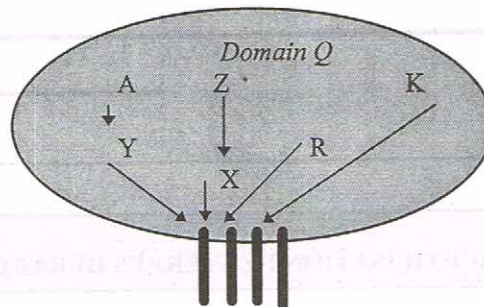
La définition des visions et des buts communs est une étape essentielle pour l'ASUT, parce qu'avec une vision sur les conditions environnementales futures et sur l'état de bien-être de la population et/ou des institutions, on peut définir les critères et les repères. En plus, si les décideurs à une certaine échelle ne sont pas d'accord sur un but commun, il sera très difficile d'atteindre un développement durable car ils tirent chacun dans une différente direction. Dans le cas où les décideurs ont des buts contraires, les efforts de l'un peuvent être inefficaces ou même être perdus. Vu les non-uniformités biophysiques et socio-économiques à l'échelle de l'exploitation du ménage, la définition des buts communs peut paraître comme un tâche presque impossible. Dans ce cas, les buts communs peuvent être définis comme une série d'objectifs multiples qui ont seulement un conflit minimale l'un vis à vis de l'autre. Finalement, les visions et les buts communs peuvent aider à cibler la recherche et le développement, et à identifier les indicateurs qui guident le processus de changement vers les systèmes d'utilisation des terres durables.

Cette étape peut, au début, prendre du temps mais après la formulation des buts, l'efficacité des étapes suivantes sera plus élevée. Fixer les buts est aussi réalisé selon les 'principes de l'alignement', c'est-à-dire, que les activités d'un projet seront exécutées de telle manière que les résultats de certains partenaires contribuent aux résultats des autres (la situation dite de 'win-win') comme illustré dans la Figure 6.

Avec buts personnels,
mais sans alignement:



Avec buts communs
et alignement:



→ : buts;
 : quantité et qualité des extrants.

Figure 6. Schéma simplifié montrant les différences entre les extrants dans le cas de sans et avec l'alignement.

Caractérisation multi-échelle

Une caractérisation est une description compréhensive des agro-systèmes aux différents d'échelle sur la base des paramètres biophysiques (le climat, la lithologie, la topographie, les types de sols, la hydrologie, la couverture végétale; Andriessse et al. 1994) et des indicateurs socio-économiques (la main d'oeuvre, le capital investi et la gestion). Dans cette caractérisation multi-échelle, quatre niveaux sont distingués: le niveau macro (échelle comprise entre 1/1.000.000 et 1/5.000.000), le niveau reconnaissance (1/100.000-1/250.000), le niveau semi-détaillé (échelle 1/25.000-1/50.000) et le niveau détaillé (1/5.000-1/10.000; Andriessse et al. 1994). Dans cette étude, la zone agro-écologique se situe sur le niveau macro, et la caractérisation télescope vers l'échelle de département (ou arrondissement), du village, et de l'exploitation du ménage (Figure 4).

L'unité d'analyse (utilisé pour la comparaison à la même échelle) et le degré de détail de l'information rassemblées (Appendix 1) changent en descendant de l'échelle macro vers l'échelle détaillée. Réduire l'échelle (aller à l'échelle d'un niveau plus bas de caractérisation, ou désagrégation) implique plus de détails pour les variables et une augmentation du nombre des paramètres dynamiques. Les paramètres communs à plusieurs échelles deviennent de plus en plus dynamique en réduisant l'échelle, pendant que certains paramètres restent plus ou moins statiques (par exemple le climat et la lithologie à l'échelle détaillée). D'un autre côté, en augmentant l'échelle (ou en agrégant), les détails distingués pour les variables à basse échelle (par exemple la rotation des cultures) sont négligés au niveau plus haut. Comparé aux sols et climat, l'utilisation des terres implique les variables les plus dynamiques: les systèmes de cultures et la production. La caractérisation de systèmes de l'utilisation des terres au niveau détaillé comprend également une séquence des opérations, leur moment d'application, les intrants appliqués, les instruments et les sources de traction utilisées et enfin le type de produit (Stomph et al. 1994).

Dans une certaine mesure, des informations sur les paramètres clés pertinents sont déjà disponibles, par exemple dans les CIRA, les SNRA, les ONGs, et les projets de développement, et très souvent dans la "cryptolittérature". D'autres informations, toutefois, devront être collectées ou vérifiées au cours de nouvelles enquêtes.

Activités de recherche

La recherche appliquée et de base doit être faite sur les sites sélectionnés comme représentatifs par la caractérisation. Sur la base de l'hypothèse qu'il y a déjà une connaissance importante, la recherche avec cette approche peut être limitée aux composantes et aux flux les plus importants des systèmes d'utilisation des terres. Cette recherche est également effectuée sur différentes unités d'analyse (Figure 4), et serait effectuée en coopération avec les SNRA, les ONG, les CIRA, les projets de développement et les paysans.

Analyse de scénarios de développement

L'analyse de scénarios de développement prévoyants ("où voulons-nous nous trouver", comme par exemple un taux d'autosuffisance de 80% dans les années sèches) peut être faite avec un modèle aux critères multiples ou un modèle d'aide à la décision. En vue d'une présentation claire des différences spatiales de résultats, le modèle serait lié à un SIG. Tout en tenant compte des relations spatiales et temporelles (d'année en année), les résultats révèlent les types de mesures de développement technique ou politique nécessaires afin de faire la soudure entre l'utilisation des terres actuelles et futures communément définies et les effets pour la région. Dans de telles études, la 'meilleure' utilisation des ressources sera calculée sous différents scénarios de développement. Par exemple, un des résultats à l'échelle d'un village peut être une répartition de systèmes d'utilisation des terres de X ha de mil traditionnel, Y ha de mil avec une application forte de fumier, O ha de pâturage, P têtes de bovin, et Q ha de jachère dans le cas où l'engrais chimique ne peut pas être utilisée, ou Z ha de mil intensif quand l'engrais est disponible (ex: van Duivenbooden, 1993; Dalton, 1996). L'important est bien sûr de prendre en compte le moment du travail et la répartition (homme ou femme), et les droits fonciers (commun ou privé; van Duivenbooden & Gosseye, 1990; Lilja, 1996).

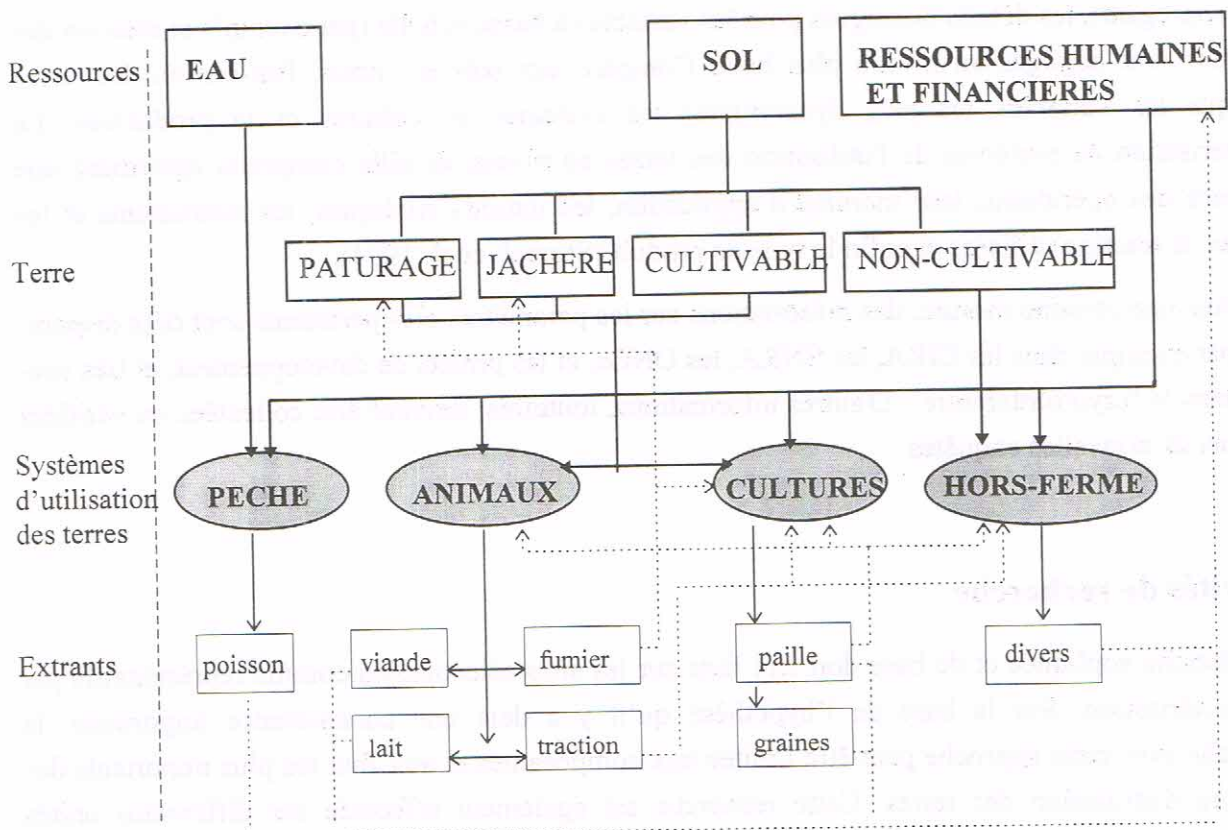


Figure 7. Schéma de la distribution des ressources naturelles, ressources humaines et financières, les interactions entre les systèmes d'utilisation de terres (extrants comme intrants) dans le modèle PLBM.

Il y a plusieurs façons pour intégrer deux ou plusieurs composants de systèmes d'utilisation des terres comme modèle d'aide à la décision. Quelques exemples de l'Afrique de l'Ouest sont présentés, on peut citer entre autres Fafchamps (1993), Deybe (1994), et Dalton (1996). Le modèle prévu dans ce projet est de type de Programmation Linéaire à Buts Multiples (PLBM). Dans ce modèle PLBM les ressources naturelles, humaines et financières seront attribuées aux systèmes d'utilisation des terres, et certains extrants fonctionnent comme intrants pour d'autres systèmes, comme montré dans la Figure 7. Les options pour l'utilisation durable des ressources sont fonction des relations entre la production, la consommation ou la marchandise, et les investissements ou les épargnes. Un des buts dans le modèle doit être la durabilité afin de permettre de calculer la différence entre les systèmes d'utilisation des terres actuels mais non-durables, et ceux alternatifs qui sont durables. Cette approche PLBM a été utilisée à plusieurs niveaux d'échelle: par exemple au Mali: au niveau d'échelle de la région (Veeneklaas et al. 1991; van Duivenbooden 1993) de la sous-région (Sisokko et al. 1995), et de l'exploitation (Kruseman et al. 1995).

Les données à introduire dans le modèle PLBM et autres peuvent être dérivées de la littérature, des expérimentations de terrain, des enquêtes ou les sondages ou générées avec divers outils, comme les modèles de simulation des cultures et la banque de données (SIG). La Figure 8 montre le flux d'utilisation des données et l'intégration du SIG, des modèles de processus et d'optimisation. Ce type d'intégration d'outils n'est un sujet de recherche que depuis 10 ans mais c'est un prérequis pour les études d'évaluation environnementale en général (Bregt 1993) et la gestion des ressources naturelles en particulier.

La figure montre également que les buts de développement définissent d'une part les scénarios de développement, et d'autre part les restrictions ('côté droite' dans le modèle PLBM) qui détermine l'espace des paramètres dans laquelle les solutions seront calculées. Les restrictions sont également définies par l'utilité de la terre (fonction de type de sol), les facteurs socio-économiques et le degré d'être réalisable des résultats du modèle (c'est-à-dire l'analyse post-modèle: 'est-ce-qu'on peut réaliser ça?').

Les modèles de simulation, importants, entre autre, pour l'extrapolation des résultats, la planification d'utilisation des terres, et l'augmentation de connaissance dans les processus clés, ne seront pas développés par les partenaires en Afrique de l'Ouest. Dans ce projet, les modèles déjà existents seront utilisés aussi souvent que possible, par exemple ceux disponibles de 'l'Ecole de C.T. de Wit' (Bouman et al. 1996; Verberne *et al.* 1995), ou développés dans le cadre de la Collaboration pour la Modélisation des Ressources et les Applications dans les zones semi-arides (CARMASAT), une coopération entre l'ICRISAT et le CSIRO-APSRU sur le modèle APSIM (McCown et al. 1996), ou par le Consortium International d'Application de Systèmes Agricoles (ICASA).

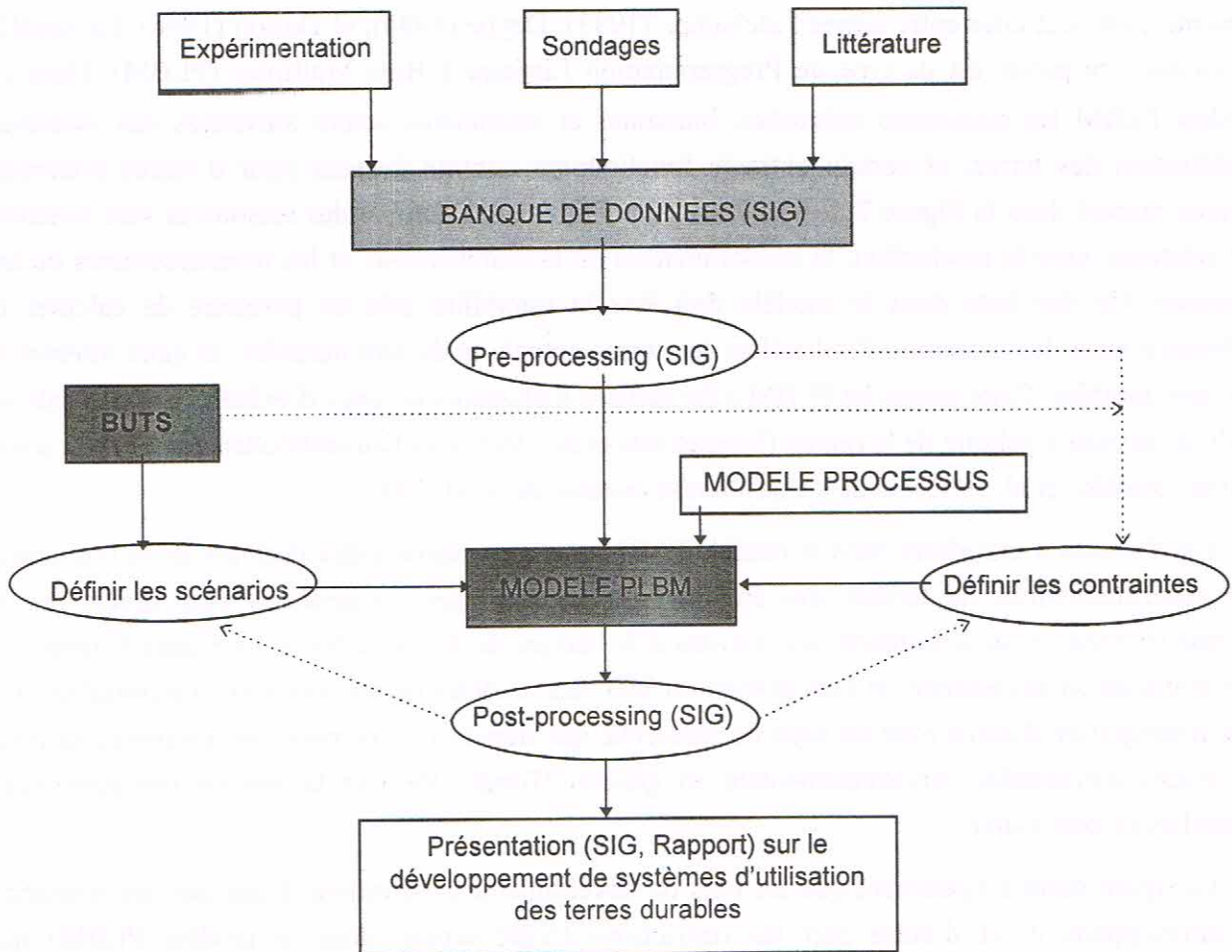


Figure 8. Schéma simplifié de l'intégration du Système d'Information Géographique et les modèles de processus et d'optimisation.

Evaluation des technologies

Quelques technologies ou des interventions pourraient être définies comme favorables et réalisables pour les producteurs sur la base des résultats de l'exercice avec le modèle d'aide à la décision. Le plus souvent, ces technologies (décrites dans le modèle) ont été déjà testés en station de recherche et en milieu paysan, ce qui réduit donc la nécessité des besoins pour les tests additionnelles. Néanmoins, quelques expérimentations seront nécessaires pour la validation des modèles de simulation de croissance et l'interaction entre les différentes composantes technologiques. Enfin, quelques nouvelles technologies ou recommandations sorties des résultats d'analyses de modélisation doivent être testées. Le test peut être réalisé à l'échelle de champ mais également à l'échelle du village.

Remarques générales

La recherche, l'analyse de scénarios et le test de technologies sont très liés et sont donc menés plus ou moins en même temps. De cette façon, les points de vue des différentes parties intéressées pour le développement des agro-écosystèmes durables se construisent tout en utilisant la complémentarité de ces points de vue et les méthodologies de recherche.

Afin d'augmenter l'échange des résultats de recherche, ces derniers devraient être disponibles aux différents utilisateurs. Comme les cinq étapes rassembleront une quantité importante de données, le stockage des informations par zone agro-écologique (ou partie de zone) dans une base de données alliée au SIG est indispensable. Pour les sols, la banque de données SOTER peut être utilisée (UNEP et al. 1994), et pour les caractéristiques de systèmes d'utilisation des terres, la banque de données LAND USE (de Bie et van Leeuwen 1996). Ces banques de données seront ensuite utilisées pour établir des relations entre les paramètres à différentes échelles et à partir de différentes disciplines. L'efficacité de l'échange de données pourra augmenter lorsque la recherche et des méthodologies de laboratoire communes sont utilisées.

N°	Description	Statut		Remarques
		1994	1995	
1	...	X	X	...
2	...	X	X	...
3	...	X	X	...
4	...	X	X	...
5	...	X	X	...
6	...	X	X	...
7	...	X	X	...
8	...	X	X	...
9	...	X	X	...
10	...	X	X	...
11	...	X	X	...
12	...	X	X	...
13	...	X	X	...
14	...	X	X	...
15	...	X	X	...
16	...	X	X	...
17	...	X	X	...
18	...	X	X	...
19	...	X	X	...
20	...	X	X	...
21	...	X	X	...
22	...	X	X	...
23	...	X	X	...
24	...	X	X	...
25	...	X	X	...
26	...	X	X	...
27	...	X	X	...
28	...	X	X	...
29	...	X	X	...
30	...	X	X	...
31	...	X	X	...
32	...	X	X	...
33	...	X	X	...
34	...	X	X	...
35	...	X	X	...
36	...	X	X	...
37	...	X	X	...
38	...	X	X	...
39	...	X	X	...
40	...	X	X	...
41	...	X	X	...
42	...	X	X	...
43	...	X	X	...
44	...	X	X	...
45	...	X	X	...
46	...	X	X	...
47	...	X	X	...
48	...	X	X	...
49	...	X	X	...
50	...	X	X	...

Execution du projet

Définition des points clés et des buts communs

Pour définir les points clés et les buts communs, le projet a commencé avec un atelier avec des participants de SNRA du Niger, du Burkina Faso et du Mali (Février 1996; van Duivenbooden 1996). Pendant cet atelier les points clés de la gestion des ressources naturelles et les buts communs ont été définis (Tableau 2). Quelques points clés seront utilisés comme critère de sélection pour définir le niveau d'échelle prochain. En plus, les méthodologies possibles ont été identifiées (Tableau 2). La recherche a débuté dans les trois pays vers la fin de l'année 1996 après les procédures administratives.

Tableau 2. Les points clés de recherche, les buts communs, les méthodologies possibles et les critères pour aller à l'échelle plus basse (c) définis pendant l'atelier. ZAE: Zone Agro-Ecologique; A/D: Arrondissement ou département.

	ECHELLE		Village	Exploitation
	ZAE	A/D		
Points clés				
Disponibilité des données (quantitatives)	X	X	X	X
Variabilité de système de production	X (c)	X	X	X
Climat - Variabilité de pluviométrie	X (c)	X (c)		
Sol - Variabilité de type de sol	X (c)	X (c)	X (c)	
- Géomorphologie		X		
- Caractéristiques de sol				X
Production végétale				
- Variabilité de végétation	X			
- Techniques culturales			X	X
Production animale				
- Capacité de charge		X		
- Structure de cheptel		X	X	X
- Besoins en animaux				X
Gestion				
- Droits fonciers	X			
- Type de gestion du Terroir Villageois			X	
- Taille, type et localisation de l'exploitation			X (c)	
Intrants (disponibilité, qualité, prix)			X	X
Niveau de technicité				X
Droits de propriété				X
Ressources humaines				
- Variabilité de population	X	X (c)		
- Ethnie			X	
- Structure sociale			X	
- Main d'oeuvre (disponibilité - besoin)			X (c)	X
Divers				
- Infrastructure	X			
- Marché			X (c)	
- Pouvoir d'achat			X	

Tableaux 2. Suite.

	ECHELLE			
	ZAEA/D	Village	Exploitation	
Buts communs				
Banque des données	X	X	X	X
Meilleure compréhension de la variabilité	X	X	X	X
Planification d'utilisation des terres	X	X	X	X
Evaluation des potentialités	X	X		
Développement des stratégies	X	X		
Détermination de contraintes de l'adoption des techniques		X	X	
Sécuriser l'alimentation des paysans		X	X	
Proposer des options de GRN ¹ alternatives		X	X	X
Contribuer à l'optimisation du cadre de vie			X	
Contribuer à l'amélioration de la connaissance des paysans			X	X
Evaluer des techniques culturales			X	X
Proposer des autres techniques alternatives				X
Méthodologie				
Caractérisation	X	X	X	X
Revue de la littérature	X	X	X	X
Système d'Information Géographique	X	X	X	X
Modèle de zonage agro-écologique	X			
Images satellitaires	X	X		
Inventaire		X		
Modèle PLBM		X	X	
Photos aériennes		X	X	X
Modèle de simulation		X	X	X
Enquêtes		X	X	X
Expérimentation			X	X

¹) alternatif: en terme d'une contribution à l'amélioration de la production et vers une gestion durable

Activités

Même si les objectifs de ce projet et les buts communs sont définis (Tableau 2), l'accent de la recherche peut différer à chaque niveau d'échelle. C'est pourquoi, les activités sont groupées par niveau d'échelle. En plus, quelques activités de formation ont été définies.

Niveau macro: zone soudano-sahélienne de l'Afrique de l'Ouest

Définition du problème. Beaucoup de résultats sur les systèmes de production agricole améliorés sont obtenus sur les stations mais la stabilité, la durabilité et la faisabilité économique de ces systèmes de production sous conditions paysannes sont toutefois sujettes à de plus amples recherches. Les technologies sont disponibles; cependant la traduction des résultats à des unités plus importantes (extrapolation) est très limitée. Les conditions climatiques et pédologiques, les ressources

paysannes, les critères d'adoption des technologies, les systèmes de marché de produits et d'intrants, les arrangements institutionnels et les politiques ont empêché l'adoption de technologies améliorées à grande échelle. Une recherche appliquée et plus stratégique est donc nécessaire pour affiner et diffuser les technologies, et des stratégies et techniques appropriées aux conditions agro-écologiques et socio-économiques spécifiques pour ce niveau d'échelle devraient être identifiées.

Buts de travail et activités. Le but de travail à ce niveau d'échelle est:

- caractériser les zones agro-écologiques en termes généraux en accentuant l'identification des éléments limitant l'intensification de systèmes de production durables.

Deux activités sont indentifiées:

A1.1 Caractériser les zones agro-écologiques identifiées.

A1.2 Identifier des contraintes à l'intensification des systèmes de production.

Méthodologie. Les zones agro-écologiques seront caractérisées en termes généraux (par exemple espèce de culture, type de sols; voir également Appendix 1) pour répondre à des questions comme "quels sont les types de contraintes dans les différentes régions?" et "quels systèmes de production faut-il privilégier dans les différentes régions?". De cette manière, la variabilité entre les systèmes de production soit exploitée. En plus de banques de données déjà disponibles au niveau de l'ICRISAT (liées au SIG) sur la pluviométrie, les types de sol, et les systèmes de production majeurs, d'autres caractéristiques seront incluses, comme par exemple la densité de la population (Snrech 1994). Un inventaire des banques de données digitalisées sera donc la première étape dans chaque pays.

Les systèmes de production alternatifs seront assortis des conditions bio-physiques et socio-économiques, en tenant compte des différents politiques et des niveaux de prix si possible. Bien que ce ne soit pas inclus dans la phase actuelle du projet, il sera possible dans le futur de décider d'utiliser un modèle PLBM aussi à ce niveau d'échelle pour l'allocation des systèmes d'utilisation des terres (comme celui utilisé pour la Communauté de l'Europe; WRR 1992; de Koning et al. 1995).

La caractérisation sera basée sur les données existantes au niveau des différents instituts et projets. En cas de besoin de données supplémentaires, quelques sondages peuvent être exécutés par les SNRA. L'unité d'analyse est le district (une superficie définie politiquement; environ 30 dans chaque pays).

Résultats escomptés et repères. Les résultats de ces activités devraient être les suivants:

- des cartes des zones tropicales semi-arides de l'Afrique de l'Ouest montrant quel type de système de production de mil peut être appliqué (première version: début 1997).
- des cartes montrant les endroits où tel aspect de l'environnement biophysique, socio-économique ou politique devrait être changé pour permettre un certain système de production de mil (première moitié de 1997).
- Rapport de synthèse (fin 1977).
- des recommandations pour les actions à prendre par les agences de développement et pour la recherche aux niveaux d'échelle plus basses (1998).

Niveau de reconnaissance: districts

Définition du problème. Comme la région toute entière est trop vaste pour pouvoir être étudiée l'applicabilité des systèmes de production en détail et pour définir des scénarios de développement, les systèmes de production de quelques districts clés et leurs relations aux unités de sol et à d'autres caractéristiques (dépendant de la disponibilité; par exemple des marchés et de la main d'oeuvre) seront étudiés plus en détails.

Buts de travail et activités. Le but de travail à ce niveau d'échelle est:

- formuler des scénarios de développement à l'échelle du district et définir les pratiques paysannes alternatives.

Six activités sont identifiées:

- A2.1 Caractériser l'environnement bio-physique et socio-économique, ainsi que les systèmes de production;
- A2.2 Réaliser des cartes de occupation de sol, qui montrent les terroirs villageois;
- A2.3 Construire et utiliser le modèle PLBM en vue de proposer des scénarios de développement alternatifs;
- A2.4 Evaluer les scénarios de développement en vue de contribuer à la mise en oeuvre des pratiques paysannes alternatives (en terme d'une contribution à l'amélioration de la production et vers une gestion durable);
- A2.5 Identifier des contraintes à l'intensification des systèmes de production et l'analyse de demande des producteurs;

A2.6 Identifier les buts de développement (préférentiellement quantifiables).

Méthodologie. Le modèle PLBM à appliquer dans ce projet devrait être du type "simple et pratique". Il devrait de préférence être multi-périodiques (10-20 ans) et décrire des systèmes de production *a)* existants non durables et *b)* durables, de façon alternative afin de permettre la formulation de scénarios de développement visant la transition de systèmes de production non durables aux systèmes de production durables. De plus, le modèle interface devrait également permettre aux non experts de comprendre les conséquences des prises de décision humaines sur les systèmes écologiques et de se rendre compte des compromis sous-jacents à ces décisions. L'utilisation d'un SIG permettra une présentation claire pour les chercheurs et les parties intéressées de la région (ex: Stoorvogel 1995). L'unité d'analyse est le village.

Concernant le "type simple", on a consacré beaucoup de temps dans le passé sur la définition et la quantification des paramètres. En outre, il existe différents modèles basés sur les systèmes de production durables (Veeneklaas et al. 1991) mais leur valeur pratique demeure inexploitée. Une approche différente sera donc envisagée ici. Actuellement, un modèle PLBM (pas multi-périodique) développé par DLV ou le modèle développé dans un cours de formation (pas multi-périodique; de Ridder et van Ittersum 1994; de Ridder et al., 1994; van Ittersum et al., 1995) à Wageningen pourraient servir de points de départ. Le modèle multi-périodique QUEST (SDRI 1995) pourrait être une alternative, mais des informations détaillées et le modèle lui-même ne sont pas encore disponibles à l'ICRISAT. Enfin, il faut répéter que le modèle devrait tenir compte des systèmes de production actuels pour étudier la façon d'accéder à des systèmes durables. La sélection du modèle nécessitera donc un peu plus de temps.

Les données nécessaires à la recherche à ce niveau d'échelle sont présentées en Annexe 1. En plus des données disponibles, des modèles de zonage agro-écologique peuvent être utilisés.

Résultats escomptés et repères. Les résultats de ces activités devraient être:

- des scénarios de développement pour les districts clés, présentés parmi d'autres sur des cartes (réalisées avec le SIG) (première version: milieu 1998).
- un modèle PLBM (ou équivalent) et des modèles de simulation qui peuvent être utilisés par les CIRA, les SNRA, les ONG et les preneurs de décision comme outils pour cibler la recherche sur le développement intégré et les interventions (milieu 1999).
- des recommandations pour des pratiques paysannes alternatives, par exemple des actions pour les agences de développement et les domaines de recherche pour différents instituts (début 1999).

Niveau semi détaillé: villages

Définition du problème. Plus de 90% de la population des zones tropicales semi-arides de l'Afrique de l'Ouest vivent dans des villages. Les efforts conscients et organisés pour soutenir ou d'augmenter la capacité générative des ressources naturelles locales sont souvent regroupés sous le terme de 'la Gestion de Ressource Locale' (LRM; den Breemer et Venema 1995). Cependant, le transfert des technologies nouvelles ou améliorées au village a souvent échoué pour un certain nombre de raisons (voir l'introduction). D'autres raisons sont que les champs sont supposés être homogènes et les taux d'engrais recommandés sont généralement basés sur les types de sols généraux et pas sur le système d'utilisation des terres. Brouwer et Powell (1995) ont démontré que les sols sont très hétérogènes en ce qui concerne la fertilité des sols, l'hydrologie et les caractéristiques physiques des sols. Prudencio (1993) a démontré la baisse de fertilité de sol de plus en plus qu'on s'éloigne du village. Ce phénomène est bien connu des paysans qui ont leur propre classification des champs du village (Taylor-Powell et al. 1991; van Gent et Mohamed 1993; Kante et Defoer 1995; Lamers et Feil 1995), mais la corrélation entre le type de champs et les rendements de mil ne sont pas toujours observée (Krogh 1995). Néanmoins, il y est évident que le potentiel de production agricole d'un village est fonction de ces types de sol. Pour optimiser les extrants on doit utiliser la connaissance indigène et la variabilité existante (par exemple par l'utilisation des avantages comparatifs des exploitations liées aux types de sols). En plus, la non-adaptation des technologies améliorées, nous force à prendre des chemins de recherche alternatifs. A cause de ça et pour des raisons pratiques, les technologies alternatives doivent être ciblées vers les sols classifiés par les paysans, connus comme 'unités ethno-sols'.

A ce moment, les résultats de recherche obtenus à l'échelle du champ par différents instituts de recherche peuvent être vérifiés pour leur validité. Après qu'un tel modèle soit mis en pratique, quelques recommandations peuvent être établies par les chercheurs. De plus, un système de production de culture alternatif peut être testé sur les champs paysans. Prochainement, un plan de développement devrait être formulé avec les services de vulgarisation, les chefs de village et les paysans.

L'unité d'analyse à cette échelle est l'exploitation du ménage. En ce sens les liens avec les études socio-économiques générales peuvent être établis et les résultats d'autres études peuvent être utilisés (et si nécessaire extrapolés au niveau d'échelle de districts).

Buts de travail et activités. Le but à ce niveau d'échelle est:

- de formuler des scénarios de développement pour un village dans différentes zones agro-écologiques et des recommandations pour des pratiques paysannes liées aux unités ethno-sols et pour les chercheurs et leurs buts.

Il y a sept activités identifiées:

- A3.1 Caractériser l'environnement bio-physique et de construire des cartes: (i) de type de sol, (ii) de l'occupation de sol (exploitation, infrastructure, etc.), et (iii) de la végétation.
- A3.2 Caractériser les systèmes de productions.
- A3.3 Identifier des contraintes à l'intensification des systèmes de production et analyser des demandes éventuelles des paysans.
- A3.4 Construire et utiliser le modèle PLBM en vue de proposer des scénarios de développement alternatifs (en terme d'une contribution à l'amélioration de la production et vers une gestion durable).
- A3.5 Identifier par enquête les buts de développement (quantifiés).
- A3.6 Tester et évaluer les techniques alternatives.
- A3.7 Organiser pour les paysans des 'portes ouvertes'.

Méthodologie. La première étape est la caractérisation des villages et de ses exploitations (Annexe 1). Les systèmes de production seront décrits en terme d'intrants et d'extrants (cf van Duivenbooden et Gosseye 1990) sur la base des données existantes.

Il y est impossible de faire des expériences de terrain pour étudier toutes les variables, comme les différentes conditions de sol (surtout la disponibilité en P) dans les champs, les effets de différentes densités, de moments de plantation, et de l'apparition d'insectes et de maladies. L'application de modèles de simulation de culture validés demeure donc la seule alternative possible. Pour la définition des systèmes de production alternatifs, ces modèles de simulation et les nombreuses données pertinentes des expériences en milieu paysan seront utilisées. En plus, des données pourraient également être obtenues suite à des nouvelles observations et enquêtes (van Duivenbooden et al. 1996), ou en échange avec d'autres chercheurs, comme ceux du DMP, du "Consortium pour l'utilisation durable des vallées intérieures de l'Afrique sub-saharienne" (Bouaké, Côte d'Ivoire; WARDA 1993) ou du projet VARINUTS (SC-DLO et al. 1995).

Le travail de terrain consistera à caractériser les champs paysans et à quantifier la classification ethno-sol existante. La coopération avec l'IER (Sikasso) semble très pertinente étant donné leur expérience. Le SIG sera également utilisé pour l'analyse des résultats.

Pour la formulation des options de développement, un simple modèle PLBM (ou équivalent) sera utilisé. Dans ce modèle PLBM, la restriction de la série des champs paysans peut être éliminée afin d'étudier la potentialité d'un village donné, ou en d'autre terme l'optimalisation de la potentialité du village sur la base du type de sol sans prendre en compte les exploitations. Les expériences avec ces modèles PLBM dans la région, par exemple au Mali (Sisokko 1996; Breman et Sisokko, en

presse), au Burkina Faso (Deybe et al. 1993; Deybe 1994) et au Niger (Williams pers. comm) peuvent faciliter le début.

Résultats escomptés et repères. Les résultats de ces activités devraient être:

- des scénarios de développement pour le village clé, présentés parmi d'autres sur des cartes (réalisées à l'aide du SIG) (fin 1998).
- un modèle PLBM (ou équivalent) et des modèles de simulation qui peuvent être utilisés par les CIRA, les SNRA, les ONG et les preneurs de décision comme outil pour cibler la recherche sur le développement intégré et les interventions (début 1999).
- des recommandations pour tester certains types de technologies alternatives ou pour développer des technologies paysannes (milieu 1999).
- des technologies alternatives testées (systèmes d'utilisation des terres) (fin 1999).

Niveau détaillé: exploitation du ménage

Définition du problème. A cette échelle la variabilité joue aussi un rôle majeur dans les potentialités de production agricole. Par exemple, les caractéristiques de la surface des sols aussi bien physiques que chimiques varient considérablement au sein d'une parcelle et au cours d'une année (Brouwer et Powell 1995). En conséquence, une variabilité dans l'espace et le temps de la production existe en milieu paysan; par exemple pour le mil la production de biomasse aérienne varie de 27 à 13954 kg ha⁻¹ et pour le niébé de 0 à 600 kg ha⁻¹ tel que mesurés dans des sous-parcelles de 5*5 m. La variabilité est en corrélation avec les différences dans la fertilité des sols, l'hydrologie et les caractéristiques physiques (Brouwer et Powell 1995). La présence d'arbres (p.e. *Faidherbia albida*) et des parasites (p.e. *Striga hermonthica*) dans les champs a également un impact sur la variabilité. Les animaux sont une autre composante de l'agro-écosystème qui influence la variabilité spatiale et temporelle dans les champs paysans et les terres de parcours par le déplacement de la biomasse et les déjections animales solides et liquides (Powell et al. 1995). On ne sait toujours pas cependant comment le paysan utilise ou échappe à cette variabilité, et les facteurs déterminants.

Jusqu'ici la recherche agronomique suppose implicitement que les sols sont homogènes et qu'un traitement agronomique donné ou une technologie physique ou chimique permet de tirer des conclusions évidentes en rapport avec les processus en fonctionnement qui doivent s'appliquer à des larges unités de surface. Cette approche sert de norme dans l'agriculture occidentale et a été rétrospectivement appliquée à tort à l'agriculture des pays en voie de développement. Il apparaît clairement que les conditions des champs paysans ne correspondent pas aux suppositions théoriques d'homogénéité. La gestion de site spécifique n'est pas encore considérée dans la recherche en Afrique sub-

saharienne parce que l'attention se portait essentiellement sur la caractérisation et l'interprétation de la variabilité spatiale et temporelle du sol et des paramètres végétaux. Des techniques visant à décrire adéquatement la variabilité de l'environnement bio-physique sont donc nécessaires mais il s'agit également de les utiliser pour améliorer la gestion des ressources naturelles. Il est évident que les nouvelles technologies de gestion de sites spécifiques devraient être applicables par les paysans (techniquement et socio-économiquement). Dans ce projet, pour la raison pratique, la gestion de site spécifique se réfère à la gestion de parcelle spécifique.

Dans les exercices d'évaluation des terres, les opérations pour la gestion de site spécifique (par exemple, l'application d'engrais pour le type de sol de la parcelle, la culture spécifique et le traitement de pestes et maladies) sont généralement sous-estimées. Il est à noter, cependant, que les expérimentations ne peuvent pas être faites pour chaque parcelle. Aussi à ce niveau d'échelle, les modèles de simulation seraient donc nécessaires. Surtout ceux qui prennent en compte le schéma de rotation, et les bilans de l'eau, d'azote et de phosphore. Certains doivent toutefois encore être développés. Dans le passé les systèmes d'utilisation des terres alternatifs durables étaient définis selon une approche de modélisation théorique et de simulation (par exemple, van Duivenbooden et Gosseye 1990, Quak et al. 1996), mais il faudra donc que ces systèmes d'utilisation des terres soient vérifiés sous conditions paysannes.

Buts de travail et activités. Les buts à ce niveau d'échelle devraient être:

- de formuler des technologies de sites spécifiques permettant une meilleure efficacité de l'utilisation des ressources.
- de tester des systèmes d'utilisation des terres alternatifs.

Il y a six activités identifiées:

- A4.1 Caractériser les parcelles (localisation, répartition, caractéristiques physiques et chimiques, dimension, nombre).
- A4.2 Caractériser les systèmes de productions.
- A4.3 Tester et évaluer les techniques alternatives.
- A4.4 Identifier les contraintes à l'intensification des systèmes de production.
- A4.5 Valider les modèles de simulation (déjà disponibles) avec les bilans de l'eau, N et P.
- A4.6 Identifier par enquête les buts de développement (quantification).
- A4.7 Développement des modèles de simulation (Wageningen et ou CARMASAT)

Méthodologie. Après la caractérisation des champs dans les villages clés, des parcelles représentatives peuvent être sélectionnées pour la recherche de la gestion de site spécifique. Dans le passé Brouwer et Powell (1995) ont utilisé des blocs de 5*5 m pour l'analyse de la variabilité spatiale, mais leurs résultats ne montrent pas clairement les besoins d'une si petite échelle. En plus, pour les paysans ceci peut constituer trop de détails à ce stade de développement agricole où ils pensent en terme de champs entiers plutôt qu'en sous divisions des champs. Dans ce projet, nous essayons de développer une gestion de site spécifique sur une échelle plus large; de l'ordre de 0.40 à 0.50 ha. Pour la raison de recherche une parcelle de (50*50 m =) 0.25 ha sera utilisée comme point de début. Les données telles que définies en Annexe 1 seront collectées dans différents projets (passés et actuels) du ISC. Des expériences supplémentaires en milieu paysan pourraient contribuer à combler les données manquantes (à spécifier ultérieurement).

La recherche sera menée dans les parcelles sélectionnées des paysans des villages clés. Au Niger, ce travail sera exécuté avec la coopération de M. Gandah (pédologue de l'INRAN) travaillant sur son doctorat (Gandah 1995). L'ICRISAT et WAU-PE collaborent aussi sur le développement d'un modèle de simulation de croissance de Striga en fonction de la fertilité du sol (van Ast 1996). Des expériences de pot seront exécutés à Wageningen (Pays-Bas) et aux champs à Samanko (près de Bamako, Mali).

Résultats escomptés et repères. Les résultats de ces activités devraient aboutir à:

- des options de gestion de site spécifique testées (fin 2000);
- des recommandations d'engrais sur base de parcelles pour des systèmes d'utilisation des terres de mil sélectionnés (fin 2000).
- Modèle de simulation de Striga (fin 2000).

Cours de formation sur l'utilisation de scénarios de développement

Définition du problème. Précédemment en Afrique de l'Ouest, une approche disciplinaire dominait les approches de recherche. A présent, la plupart des chercheurs de différentes disciplines réalisent que cette approche n'est pas valable pour résoudre les problèmes. Une approche appelée "multi-dimensionnelle", c'est-à-dire plusieurs disciplines, plusieurs instituts tenant compte de la dynamique, paraît plus appropriée. Ceci nécessite un changement d'attitude et de travail. Un cours dans ce domaine pourrait faciliter le processus. Il pourrait être utilisé pour former les chercheurs des SNRA et d'autres instituts aux approches multi-échelle et à l'intégration des disciplines nécessaires. Un cours de formation est prévue pour le fin de l'année 1997.

Buts de travail. Les buts devraient être:

- d'améliorer le travail et la réflexion multi-dimensionnelle;
- d'augmenter la prise de conscience du pouvoir de faire un "travail ciblé".

Matériaux développés pour le cours. Un cours pour une analyse de l'utilisation des terres à l'aide de la programmation linéaire à buts multiples a été développé à Wageningen (Bakker et al., 1996; van Ittersum et al. 1997). Ce cours semble être un bon point de départ pour un cours (atelier) à donner en Afrique de l'Ouest.

Résultats escomptés. Les résultats des activités devraient être:

- une meilleure capacité à travailler en équipes multi-disciplinaires;
- une meilleure capacité à fixer les priorités en terme de travail.

Fixer les priorités en terme de travail

Comme le travail décrit dans les sections précédentes ne peut être exécuté complètement (dans toutes les zones agro-écologiques, villages, etc.) à cause de la main d'oeuvre limitée, il faut alors faire une sélection. Pendant l'atelier de 1996 il a été décidé que dans chaque pays deux districts (arrondissements au Mali et Niger, et département au Burkina Faso) seraient sélectionnés, l'un dans la zone pluviométrique de 400 à 500 mm (dominé par les systèmes de production de mil- niébé - élevage, étudié également dans les PSI1 et DMP), et l'autre dans la zone de 600 à 700 mm (dominé par les systèmes de production de sorgho/arachide, étudié également dans le PSI2). Six districts et villages ont été sélectionnés sur la base de la représentativité du district, la disponibilité des données et de la présence d'un nombre des instituts actifs qui pourraient contribuer (Figure 9).

Collaboration avec les SNRA, ONGs, CIRAs et projets de développement

Partenaires potentiels dans la région

Pour le premier Atelier MUSCLUS (février 1996) il n'y a été pas possible d'inviter tous les partenaires potentiels. Cependant pendant cet atelier les instituts de collaboration future ont été identifiés (Tableau 3). Les centres de décideurs ne sont pas identifiés spécifiquement, mais il s'agit en général d'une pluralité de ministères. En conséquence la collaboration avec les partenaires peut être seulement décrite jusqu'à un certain degré.

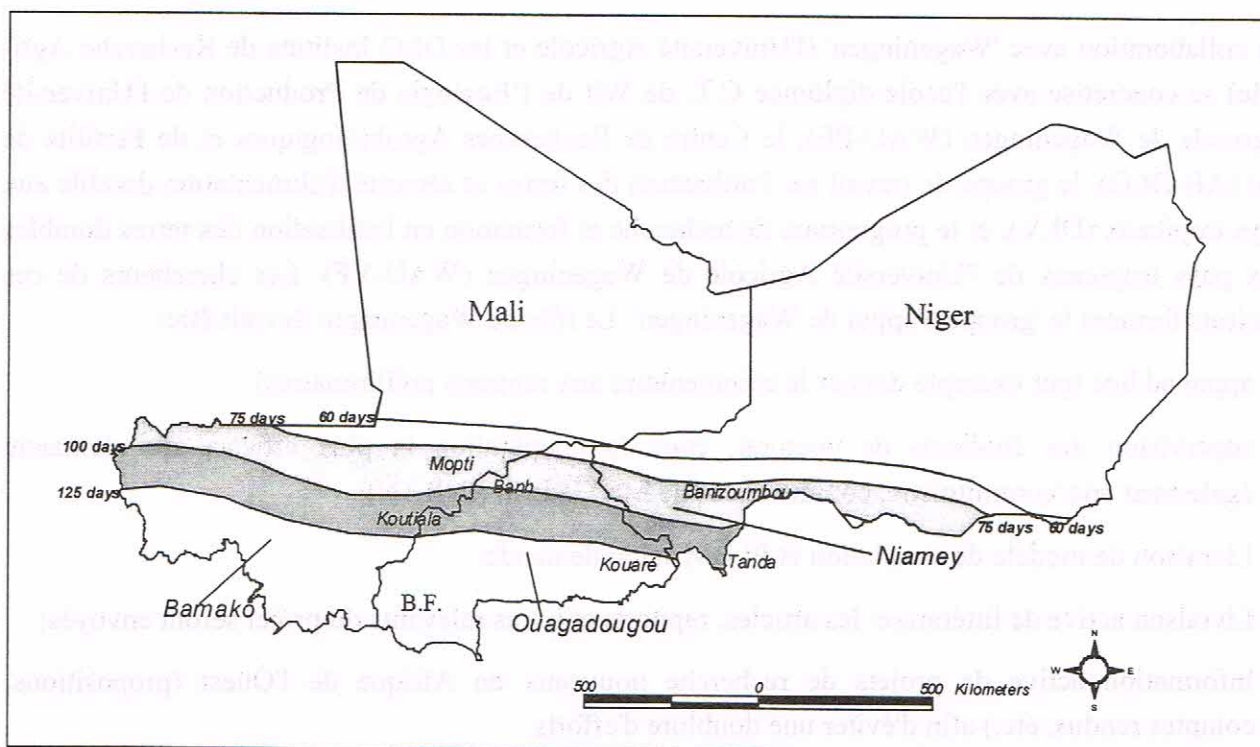


Figure 9. La carte de Mali, Burkina Faso et Niger avec leur capitale et les villages sélectionnés dans les zones LGP.

Tableau 3. Liste des partenaires potentiels avec qui le projet MUSCLUS compte établir des liaisons (l'échelle suivante donne les instituts additionnels) et entre parenthèse leurs méthodologies (nombres correspondant à ceux de Tableau 2).

Niveau d'échelle	Pays	Organisation
Zone- agro- écologique	Niger:	ICRISAT, ILRUI, ICRAF (1,2,3), INRAN (1,2), AGRHYMET, ACMAD (3,4,5), IGN, GTZ, DA, FEWS
	Burkina Faso:	INERA (1,3,4), ORSTOM (5), CIRAD (4,5), BUNASOLS (1), CRPA (4), PSB, SAFGRAD (1), PATCOV, IGB, CCI/DSAP, CRTO, PNGT, DRP
	Mali:	IER (1,3,4), DMN (4), DNCT (5), CIRAD, ORSTOM, USGS
'District'	Niger:	Univ. of Hohenheim, PASP, Projet Ronneraie, Programme Hydraulique Villageoise, BRGM, PGRN
	Burkina Faso:	PVNY, PDRIs, TINTUA
	Mali:	CMDT, ESP/GRN, LaboSEP, CRRA, PGT
Village	tous	CVD, Coopératives, ONGs, encadreurs
	Burkina Faso:	SEREIN
Exploitation	tous	paysans

Instituts de Wageningen

La collaboration avec 'Wageningen' (l'Université Agricole et les DLO Instituts de Recherche Agricole) se concrétise avec l'école diplômée C.T. de Wit de l'Ecologie de Production de l'Université Agricole de Wageningen (WAU-PE), le Centre de Recherches Agrobiologiques et de Fertilité de Sol (AB-DLO), le groupe de travail sur l'utilisation des terres et sécurité d'alimentation durable aux pays tropicaux (DLV), et le programme de recherche et formation en l'utilisation des terres durables aux pays tropicaux de l'Université Agricole de Wageningen (WAU-VF). Les chercheurs de ces instituts forment le 'groupe d'appui de Wageningen'. Le rôle de Wageningen devrait être:

- appui ad hoc (par exemple donner le commentaire aux rapports préliminaires)
- supervision des étudiants de doctorat; étant la coopération la plus efficace qui demande également une 'commitment', comme le cas de Mr. Gadnah (INRAN);
- Livraison de modèle de simulation et PLBM selon demande;
- Livraison active de littérature: les articles, rapports et livres relevant du projet seront envoyés;
- Information active de projets de recherche nouveaux en Afrique de l'Ouest (propositions, comptes rendus, etc.) afin d'éviter une doublure d'efforts
- Etudiants (MSc) peuvent être demandés pour faire leur stage (partie de leur étude pour une période de 4 à 6 mois) en Afrique de l'Ouest selon la demande de l'ICRISAT.

En plus, l'Université de Wageningen a pour son programme un bureau à Ouagadougou (l'Antenne Sahélienne), et quelques étudiants travaillent dans le département de Fada N'Gourma (Burkina Faso; Niemijer et Mazzucato 1995).

Liaisons additionnelles avec les instituts

INRAN. En plus des activités dans le cadre de MUSCLUS, la collaboration avec l'INRAN a déjà commencé par le travail de Mr. Gandah pour son doctorat avec des expériences à Ouallam, Sadoré et Tara (commencé en 1995) et deux sites additionnels en milieu paysan (Banizoumbou et Tara en 1996).

IER. Vue les liaisons de MUSCLUS et les activités de recherches existantes de l'IER, il est à noter que (i) le DLV a un projet de collaboration avec l'ESPGRN pour le développement d'un modèle PLBM à l'échelle de l'exploitation, (ii) Keffing Sissoko est entrain de développer un modèle PLBM

à l'échelle du village (et à un certain degré aussi pour un arrondissement) pour son doctorat (sous la supervision de: Profs. Kuyvenhoven et van Keulen (WAU)).

ILRI. Basé à Sadoré l'Institut International de Recherche d'Elevage (ILRI) a également des projets dans l'environnement de Niamey, surtout dans les villages autour de Banizoumbou. Ils ont construit une carte digitalisée d'utilisation des terres. Des rapports sur les animaux, cultures et aspects socio-économiques sont disponibles. La collaboration avec l'ILRI devrait être établie dans le futur prochain, mais dépend du financement additionnel.

Université de Hohenheim. A Sadoré, l'Université de Hohenheim (UH) est également active avec des projets d'étudiants de doctorat. Celui de Frieder Graef est important pour le projet MUSCLUS. Dans ce projet, le sujet est la planification d'utilisation des terres aux niveaux de district et de village. Le district sélectionné est Tillabery, et les villages sont Kirtachi (100 km sud de Niamey) et Banizoumbou. Dans ce premier village, UH fait des études agronomiques et socio-économiques. L'accent de ce projet sera mis sur la caractérisation de l'environnement bio-physique, en utilisant les images satellitaires (Landsat TM 1986 and 1988) et les observations de transects. Comme les données seront mises dans une banque de données de sol et terrain SOTER (UNEP et al. 1994), un inventaire de sol de la région de l'étude sera développé. Une attention spéciale sera faite sur la collection des données de sol existant au niveau des instituts nationaux et internationaux. Pour développer cette banque un chercheur local sera employé. Les extrants seront des cartes de SOTER, des cartes de suitability, des projections de production et de risques pour différentes cultures sous un nombre de scénarios (1999).

Le Programme pour l'Action dans les zones limitrophes du désert (DMP). Améliorer la gestion des ressources naturelles afin de combattre la désertification, est considérée comme étant une importante, sinon essentielle, avancée de cette programme. Elle apporte un éclaircissement de la définition du problème à l'échelle locale et met l'accent sur les besoins d'une intégration plus efficace à l'échelle locale, nationale et régionale des institutions responsables de la gestion des ressources naturelles. Cet impératif d'efficacité dans l'utilisation des ressources naturelles nous a amener à collaborer ensemble sur les problèmes communs pour les neuf pays africains de sub-Sahara suivants: Niger, Mali, Sénégal, Botswana, Namibie, Zimbabwe, Afrique du Sud, et Kenya afin de constituer un consortium appelé DMP. L'approche établie est une prémisses de base pour le développement du DMP comme programme d'action de recherche intégrée à l'échelle nationale, subrégionale et internationale afin de développer des options de gestion des ressources naturelles soutenables contre la désertification au sub-Sahara africain.

La clef de l'objectif principal du DMP est d'augmenter une garantie d'alimentation pour les populations pauvres et rurales et contribuer à atténuer la pauvreté en arrêtant(ou en renversant le processus de désertification. Sa mission est de démêler les facteurs complexes et causals climatiques et engendrés par l'homme, formuler des solutions holistiques appropriées et développer des approches intégrées pour stopper et renverser le processus de dégradation des terres.

La collaboration sera une représentation à une échelle multiple, un développement d'une méthodologie permettant de travailler à plusieurs échelles, et un système de supports décisionnels intégrés.

Les relations sociales et environnementales de l'agriculture en terre sèche (SERIDA). L'objectif de ce projet est de construire une histoire compréhensive de l'environnement, juxtaposer des données concernant la dégradation des terre et les stratégies de subsistance. A long terme l'objectif consiste à fournir une ligne directrice de base multi-disciplinaire, des stratégies adaptatives, et surveiller en continu le processus environnemental. Les activités de recherches seront effectuées par un groupe de travail de (i) le département de géographie et des science de la terre de l'université de Brunel (UB), (ii) l'institut d'hydrologie (IH), et (iii) le département de géographie de l'université du collège de Londres (UCL) près du village de Baizoumbou au Niger. Les assistants en recherche et les étudiants collecteront des données socio-économiques et bio-physiques, qui peuvent être respectivement utilisées dans le modèle pour y être développées.

L'impact du climat sur les ressource en eau et l'agriculture en terre sèche (CLIWARDA). La variabilité climatique affecte les ressources en eau et l'agriculture à travers des processus agricoles, sociaux et économiques lesquels se développent pour atténuer l'impact des facteurs physiques, le climat ne peut donc être seulement en rapport aux facteurs physiques, i.e. la variation des précipitations. L'objectif du travail en réseau de CLIWARDA est d'intégrer l'évaluation de facteurs physiques, agricoles et socio-économiques afin d'estimer l'impact de la variabilité du climat antérieur et prévu. Ceci peut être fait en établissant un mécanisme de coopération entre des organismes de recherches et d'études, actives sur les terres arides représentatives des quatre continents ont commus pour leurs performances couronnées de succes. Les membres au réseau de travail (coordonnée par SC-DLO, Wageningen) ont contribué au développement de solutions inovatives pour la gestion des ressources naturelles dans la région où ils opèrent et à l'introduction de nouveaux concepts et de nouvelles technologies dans ces régions. Au Niger, les activités de recherches seront principalement executées par l'ACMAD.

Agenda provisoir d'activités du projet

En plus des activités de recherche continues, des réunions dans différents pays, des cours peuvent être organisés (Tableau 4). Le Tableau 5 donne les activités prévues pour les cinq ans.

Tableau 4. Activités provisoires pendant les projet MUSCLUS.

Avril '96:	Réunions avec les SNRA et autres instituts
Aôut '96:	Visite des villages par N. van Duivenbooden
Mars '97:	Réunion régionale "La gestion des ressources naturelles à échelles multiples dans la zone Sudano-Sahélienne, une re-orientation" (ISC, Niamey)
'97 - '98:	Atelier sur l'utilisation de modèle PLBM (en coopération avec AB-DLO/ FAO ??)
Février '98:	Réunion régionale "La gestion des ressources naturelles à échelles multiples dans la zone Sudano-Sahélienne, comment passer le message aux paysans" (ISC, Niamey)
Février '99:	Réunion régionale "La gestion des ressources naturelles à échelles multiples dans la zone Sudano-Sahélienne, évaluation des résultats PLBM" (ISC, Niamey)
Mai 2000:	Conférence/Atelier International "Exploitation de la variabilité multi-échelle des systèmes d'utilisation des terres afin d'améliorer la gestion des ressources naturelles dans la zone soudano-sahélienne de l'Afrique de l'Ouest (Niamey)

Tableau 5. Calendrier provisoir des activités

Activités	1996	1997	1998	1999	2000
Echelle Zone agro-écologique					
A1.1 Caractérisation	—	—			
A1.2 Contraintes de production	—	—			
Echelle Département					
A2.1 Caractérisation	—	—			
A2.2 Elaboration des cartes			—		
A Cours de modelisation MGLP		—			
A2.3 Construire le modèle MGLP			—		
A2.3 Utiliser le modèle MGLP			—	—	
A2.4 Evaluation des scénarios développ.				—	—
A2.5 Contraintes de production	—	—			
A2.6 Identification des buts de développ.		—	—		
Echelle village					
A3.1 Caractérisation	—	—			
A3.1 Elaboration des cartes			—		
A3.2 Description systèmes de production		—	—		
A3.3 Contraintes de production	—	—			
A Cours de modelisation MGLP		—			
A3.4 Construire le modèle MGLP			—		
A3.4 Utiliser le modèle MGLP			—	—	
A3.4 Evaluation des scénarios développ.				—	—
A3.5 Identification des buts de développ.		—	—		
A3.6 Tests de technologies				—	—
Echelle exploitation					
A4.1 Caractérisation		—	—		
A4.2 Description systèmes de production		—	—		
A4.3 Tests de technologies				—	—
A4.4 Contraintes de production		—	—		
A4.5 Valider les modèles de simulation			—	—	
A4.6 Identification des buts de développ.		—	—		

References

- Almekinders, C.J.M., Fresco, L.O., and Struik, P.C.** 1995. The need to study and manage variation in agro-ecosystems. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 43: 127-142.
- Andriesse, W., Fresco, L.O., van Duivenbooden, N., and Windmeijer, P.N.** 1994. Multi-scale characterization of inland valley agro-ecosystems in West Africa. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 42: 159-179.
- Bakker, E.J., van Rheenen, T., Touré, M.S.M., Sissoko, K., van Ittersum, M.K., de Ridder, N.** 1997. Analyse de l'utilisation de terre à l'aide de la programmation linéaire à buts multiples. Rapports PSS No. 30, Wageningen, the Netherlands: IER/AB-DLO/DAN-UAW. 152 pp.
- Bationo, A., and Mkwunye, U.A.** 1991. Alleviating soil fertility constraints to increased crop production in West Africa. The experience in the Sahel. *Fertilizer Research* 29: 95-115.
- Bregt, A.K.** 1993. Integrating GIS and process models for global environmental assessment. Pages 77-84 in *Proceedings of the Intern. workshop on Global GIS, August 24-25, Tokyo, Japan* (Tateishi, R., ed.).
- Bouman, B.A.M., van Keulen, H., van Laar, H.H., and Rabbinge, R.** 1996. The 'School of de Wit' crop growth simulation models: a pedigree and historical overview. *Agricultural Systems* 52: 171-198.
- Brouwer, J., and Bouma, J.** 1997. Soil and crop growth variability in the Sahel. Highlights of five years research (1991-95) at ICRISAT, Niger. *Information Bulletin No 49*. Patancheru 502324 Andhra Pradesh, India: International Crops Research Institute for the Semi-arid Tropics. 43 pp.
- Brouwer, J. and Powell, J.M.** 1995. Soil aspects of nutrient cycling in a manure application experiment in Niger. Pages 211 - 226 in *Livestock and sustainable nutrient cycling in mixed farming systems of sub-Saharan Africa, Vol. II. Technical papers. Proc. of an Intern. Conf. ILCA, Addis Ababa, 22-26 November 1993* (Powell, J.M., Fernández-Rivera, S., Williams, T.O., and Renard, C., eds.). Addis Ababa, Ethiopia: ILCA.
- Cleaver, K.M., and Donovan, W.G.** 1995. Agriculture, poverty, and policy reform in sub-Saharan Africa. *World Bank Discussion Papers/Africa Technical Department series no. 280*. Washington, USA: World Bank. 49 pp.
- Club du Sahel** 1991. Synthèse des travaux 1990 du secrétariat du Club du Sahel. Bilan de la décennie 1980-90 et réflexions pour l'avenir du Sahel. Report SAH/D/91/381. Paris, France: Club du Sahel/CILSS/OECD. 186 p.
- Dalton, T.J.** 1996. Soil degradation and technical change in southern Mali. Ph.D. Thesis. West Lafayette, USA: Purdue University. 260 pp.

- de Bie, C., and van Leeuwen, J.C.** 1995. The Land Use database, User's manual (final draft version). Enschede, the Netherlands: ITC/FAO/WAU. 345 pp.
- de Koning, G.H.J., van Keulen, H., Rabbinge, R., and Jansen, H.** 1995. Determination of input and output coefficients of cropping systems in the European Community. *Agricultural Systems* 48: 485-502.
- de Ridder, N., and van Ittersum, M.** 1994. Quantitative analysis of (agro-eco)systems at higher integration levels (QUASI). Wageningen, the Netherlands: Wageningen Agricultural University. 132 pp.
- de Ridder, N., Veeneklaas, F.R., and Claassen, F.** 1994. Manual for the optimization model 'MALI-CROP'. Wageningen, the Netherlands: Wageningen Agricultural University. 81 pp.
- Deybe, D.** 1994. Vers une agriculture durable. Un modèle bio-économique. Montpellier, France: CIRAD. 193 p.
- Deybe, D., Ouedraogo, S., and Butcher, W.R.** 1993. Alternative policies for common resource management, the case of a small village in the West of Burkina Faso. Economics, Staff Paper 93-9. Washington, USA: Washington State University, Department of Agriculture. 15 pp.
- Dugué, P.** 1994. Stratégies des producteurs et gestion des ressources naturelles en Afrique soudano-sahélienne. Page 322-327 *dans* Recherches-système en agriculture et développement rural, Symp. Intern. 21-25 novembre 1994, Montpellier. Montpellier, France: CIRAD.
- Fafchamps, M.** 1993. Sequential labor decisions under uncertainty: an estimable household model of West-African farmers. *Econometrica* 61: 1173-1197.
- FAO (Food and Agricultural Organization)** 1976. A framework for land evaluation. *FAO Soils Bulletin* 32. Rome, Italy: FAO. 72 p.
- FAO** 1984. Agroclimatological data for Africa. Volume I. Countries north of equator. *FAO Plant Production and Protection Series* no. 22. Rome, Italy: FAO.
- FAO** 1995. Akosombo principles. *Proceedings FAO Workshop "Adoption of sustainable land management technologies: challenges and opportunities"*, Ghana 6-10 February 1995, 45 pp. Rome, Italy: FAO. 34 pp.
- Fresco, L.O.** 1995. Agro-ecological knowledge at different scales. Pages 133-141 *in* Eco-regional approaches for sustainable land use and food production (Bouma, J., Kuyvenhoven, A., Bouman, B.A.M., Luyten, J.C., and Zandstra, H.G., eds): *Proceedings of symposium on eco-regional approaches in agricultural research*, 12-16 December 1994, ISNAR, The Hague. Dordrecht, the Netherlands: Kluwer, Dordrecht.
- Gandah, M.** 1995. Increasing resource use efficiency in spatially variable fields of subsistence farmers in Niger, West Africa. Research proposal for a PhD thesis. Niamey, Niger: INRAN. 10 pp.

- Izac, A.-M.N. and Swift, M.J.** 1994. On agricultural sustainability and its measurement in small-scale farming in sub-Saharan Africa. *Ecological Economics* 11: 105-125.
- ICRISAT** (International Crops Research Institute for the Semi-arid Tropics) 1995. Annual Report 1994. Patancheru, 502 324, Andhra Pradesh, India: ICRISAT. 79 pp.
- Kanté, S. and Defoer, T.** 1994. La connaissance de la classification et gestion paysanne des terres. Rôle dans l'orientation des actions de recherche et de développement. ESPGRN Document 94/27. Sikasso, Mali: IER. 16 pp.
- Kante, S. and Defoer, T.** 1995. Diversité des sols et gestion paysanne. Page 125-136 *dans* Interprétation des données de sol: un outil pour la gestion des sols et le développement agricole. Séminaire BUSASOLS/AB-DLO/INERA, Ouagadougou, 14-16 mars 1995. Haren, Pays-Bas: AB-DLO.
- Krogh, L.** 1995. Soils and millet production on farmers' field in northern Burkina Faso: a village case study. SEREIN Working Paper 3. Copenhagen, Denmark: Univ. of Copenhagen. 17 pp.
- Kruseman, G, Ruben, R., and Hengsdijk, H.** 1995. Modélisation des ménages paysans pour une utilisation durable des ressources du terroir: estimation de l'efficacité des instruments de prix et du marché. Page 155-176 *dans* Modélisation et politique de développement: perspectives d'un développement agricole durable "cas du cercle de Koutiala". Atelier Equipe Modélisation des systèmes (EMS/ projet PSS à Niono du 18-20 Septembre 1994. Rapports PSS no 10. Wageningen, the Netherlands/Bamako, Mali: AB-DLO/IER.
- Kruseman, G., Ruben, R., Kuyvenhoven, A., Hengsdijk, H., and van Keulen, H.** 1996. Analytical framework for disentangling the concept of sustainable land use. *Agricultural Systems* 50: 191-207.
- Lamers, J.P.A., and Feil, P.R.** 1995. Farmers' knowledge and management of spatial soil and crop growth variability in Niger, West Africa. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 43: 375-389.
- Lilja, N.** 1996. Technological change in agriculture and the welfare of women in southern Mali. Ph.D. Thesis. West Lafayette, USA: Purdue University. 146 pp.
- McCown, R.L., Hammer, G.L., Hargreaves, J.N.G., Holzworth, D.P., and Freebairn, D.M.** 1996. APSIM: a novel software system for model development, model testing and simulation in agricultural systems research. *Agricultural Systems* 50: 255-271.
- Niemijer, D., and Mazzucato, V.** 1995. Agriculture and soil and water conservation in Eastern Burkina Faso, a first appraisal. WAU-Antenne Sahélienne, Document de projet 29. Ouagadougou, Burkina Faso: WAU-Antenne Sahélienne. 23 pp.
- Powell, J.M., Fernández-Rivera, S., Williams, T.O., and Renard, C., (eds.)** 1995. Livestock and sustainable nutrient cycling in mixed farming systems of sub-Saharan Africa, Vol. II. Technical

papers. Proc. of an Intern. Conf., Addis Ababa, 22-26 November 1993. Addis Ababa, Ethiopia: ILCA. 560 pp.

Prudencio, C.Y. 1993. Ring management of soils and crops in the West African semi-arid tropics: the case of the mossi farming system in Burkina Faso. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 47: 237-264.

Quak, W., Hengsdijk, H., Bakker, E.J., Sissoko, K. et Touré M.S.M. 1996. Description agronomique quantitative des systèmes de production végétale en zone soudano-sahélienne. Rapports PSS No. 29. Wageningen, Pays-Bas/Bamako, Mali: AB-DLO/IER.

SC-DLO, CIRAD-CA, INERA, IXTEL, KARI 1995. VARINUTS, spatial and temporal variation of soil nutrient stocks and management in sub-Saharan African farming systems. Project proposal submitted to EC-DGXII. Wageningen, the Netherlands: SC-DLO. 41 pp.

SDRI (Sustainable Development Research Institute) 1995. QUEST, an ecosystem scenario tool. Version 4.0. Vancouver, Canada: SDRI, University of British Columbia. 23 pp.

Shetty, S.V.R., van Duivenbooden, N., Bationo, A. and Sivakumar, M.V.K. (In press). Stratégies agronomiques pour l'intensification des systèmes de production au Sahel. *dans L'intensification agricole au Sahel: mythe ou réalité?* (Breman, H. and Sissoko, K., eds.), Paris, France: Karthala.

Sissoko, K., Bakker, E.J., Touré, M.S.M. et Quak, W. 1995. La programmation à buts multiples pour un développement durable dans le cercle de Koutiala: ressources, options techniques de production durable et premiers résultats. Page 9-81 *dans Modélisation et politique de développement: perspectives d'un développement agricole durable "cas du cercle de Koutiala"*. Atelier Equipe Modélisation des systèmes (EMS/projet PSS à Niono du 18-20 Septembre 1994. Rapports PSS No 10. Wageningen, Pays-Bas/Bamako, Mali: AB-DLO/IER.

Sivakumar, M.V.K. 1989. Agroclimatic aspects of rainfed agriculture in the Sudano-Sahelian Zone. Pages 17-38 *in Soil crop, and water management in the Sudano-Sahelian Zone. Proceedings of an International Workshop, 11-16 January 1987, Niamey, Niger.* Patancheru 502324 Andhra Pradesh, India: International Crops Research Institute for the Semi-arid Tropics.

Snrech, S. 1994. Pour préparer l'avenir de l'Afrique de l'Ouest: une vision à l'horizon 2020. Synthèse de l'étude des perspectives à long terme en Afrique de l'Ouest. Paris, France: OECE/ADB/CILSS, Club du Sahel. 65 pp.

Stomph, T.J., Fresco, L.O., and van Keulen, H. 1994. Land use system evaluation: concepts and methodology. *Agricultural Systems* 44: 243-255.

Stoorvogel, J.J. 1995. Geographical information systems as a tool to explore land characteristics and land use, with reference to, Costa Rica. PhD thesis Wageningen Agricultural University, Wageningen, the Netherlands. 151 pp.

- Taylor-Powell, E., Manu, A., Geiger, S.C., Ouattara, M., and Juo, A.S.R.** 1991. Integrated Management of Agricultural Watersheds: Land Tenure and Indigenous Knowledge of Soil and Crop Management. TropSoils Bulletin 91-04. North Carolina State University. 30 pp.
- UNEP, ISSS, ISRIC and FAO** 1994. Global and National Soils and Terrain Digital Databases (SOTER). World Soil Resources Report 74. Rome, Italy: FAO.
- van Ast, A.** 1996. Quantitative analysis of yield reduction in *Sorghum bicolor* due to *Striga hermonthica* infestation in relation to N supply. Proposal for a PhD. Wageningen, the Netherlands: Wageningen Agricultural University. 16 pp.
- van den Breemer, J.P.M. and Venema, L.B.** 1995. Local resource management in African national contexts. Pages 3-26 in Local resource management in Africa (van den Breemer, J.P.M., Drijver, C.A., and Venema, L.B. eds.). London, UK: John Wiley and Sons.
- van Duivenbooden, N.** 1993. Impact of inorganic fertilizer availability on land use and agricultural production in the Fifth Region of Mali. II. Scenario definition and results. Fertilizer Research 35: 205-216.
- van Duivenbooden, N.** 1995. Land use systems analysis as a tool for land use planning, with special reference to North and West African agro-ecosystems. PhD thesis Wageningen Agricultural University. Wageningen, the Netherlands. 176 p.
- van Duivenbooden, N.** 1996. Définition des objectifs de recherche de la gestion des ressources naturelles à échelles multiples dans la zone soudano-sahélienne de l'Afrique de l'Ouest. Premier Atelier MUSCLUS, 27 Février - 1 Mars 1996, Niamey, Niger. ICRISAT Centre Sahélien, 13 pp.
- van Duivenbooden, N.** 1997. Exploiting multi-scale variability of land use systems to improve natural resource management in the Sudano-Sahelian zone of West Africa (MUSCLUS), Methodology and work plan. Integrated Systems Project Report Series no. 1. Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India: International Crops Research Institute for the Semi-arid Tropics. 40 pp. (Semi-formal publication.)
- van Duivenbooden, N. and Gosseye, P.A. (eds.)** 1990. Compétition pour des ressources limitées: le cas de la cinquième région du Mali. Rapport 2. Productions végétales, animales et halieutiques. Wageningen, the Netherlands: CABO-DLO/ESPR. 321 pp.
- van Duivenbooden, N., Windmeijer, P.N., Fresco, L.O. and Andriessse, W.** 1996. The Integrated Transect Method as a tool for land use characterization, with special reference to inland valley agro-ecosystems in West Africa. Landscape and Urban Planning 34: 143-160.
- van Gent, P. and Mohamed, N.E.** 1993. Etude des Systèmes d'exploitation et d'utilisation des terres des agglomérats d'intervention du Projet PRIVAT. Birni N'Konni, Niger: SNV-PRIVAT. 137 pp.

van Ittersum, M.K., Hijmans, R.J. and Scheele D. 1995. Description and user guide of GOAL-QUASI: an IMGLP model for the exploration of future land use. Wageningen, the Netherlands: AB-DLO. 75 pp.

van Ittersum, M.K., de Ridder, N., van Rheenen, T., Bakker, E.J., Touré, M.S.M., and Sissoko, K. 1997. Land use analysis using multiple goal linear programming; a course manual. Rapports PSS No. 31, Wageningen, the Netherlands: IER/AB-DLO/DAN-UAW. 148 pp.

Veeneklaas, F.R., Cissé, S., Gosseye, P., van Duivenbooden, N. and van Keulen, H. 1991. Competing for limited resources: the case of the Fifth region of Mali. Report 4. Development scenarios. Wageningen, the Netherlands: CABO-DLO/ESPR. 182 p. + 37 p. annex.

Verberne, E., Dijksterhuis, G., Jongschaap, R., Bazi, H., Sanou A. and Bonzi M. 1995. Simulation des cultures pluviales au Burkina Faso (CP-BKF3): sorgho, mil et maïs. Haren, the Netherlands: BUNASOLS/INERA/ AB-DLO. 143 pp.

WARDA (West Africa Rice Development Association) 1993. Sustainable use of inland valley agroecosystems in sub-Saharan Africa. A proposal for a Consortium Programme. Bouaké, Côte d'Ivoire, Bouaké, Côte d'Ivoire, 79 pp.

WRR (Netherlands Scientific Council for Government Policy) 1992. Ground for choices: four perspectives for rural areas in the European Community. Sdu Uitgeverij, The Hague, The Netherlands, 144 pp.

Annexe 1. Besoins des données pour la caractérisation des systèmes d'utilisation des terres à échelles multiples

Echelle macro: Zone agro-écologique

pluviosité annuelle moyenne [mm an⁻¹]
durée de la période de croissance [j]
type de sol [FAO classification]
systèmes de production [type et kg district⁻¹; km² district⁻¹]
contraintes majeures (par exemple Striga, % sol dégradé)
densité de la population (actuelle et future (Club du Sahel) [personne district⁻¹]
besoins alimentaires [kg mil, riz, viande, légumes district⁻¹]
disponibilité de phosphate naturel [t district⁻¹]
grandeur des districts [km²]

Echelle reconnaissance: District

pluviosité annuelle moyenne [mm an⁻¹]
durée de la période de croissance [j]
type de sol [FAO classification]
systèmes de production [type et kg village⁻¹; km² village⁻¹]
densité de la population (actuelle et future; Club du Sahel) [personne village⁻¹]
besoins alimentaires [kg mil, riz, viande, légumes village⁻¹]
organisation sociale [personne groupe ethnique⁻¹]
nombre d'animaux [type et UBT village⁻¹]
intensité de l'utilisation des terres [ha cultivée ha total⁻¹]
grandeur de terroirs villageois [km²]
présence de coopératives
présence de marchés
présence d'infrastructure
objectifs de développement

Echelle semi-détaillé: Village

Climat (moyenne et journalière):

pluviosité [mm]
température minimale - maximale [°C]
insolation [J m⁻²]
vitesse du vent [m s⁻¹]
durée de la période de croissance [j]

Sol:

type de sol (classification paysanne + FAO) [ha]
texture
caractéristiques physiques (pF valeurs, densité spécifique, etc.)
caractéristiques chimiques (N, P, CEC, MO, etc.)
profondeur [m]
subdivision en sol cultivable, non-cultivable et pour les pâturages

Population:

Nombre, classification d'âge, et d'ethnie
Structure de famille [h famille⁻¹]

-
- Disponibilité de main-d'oeuvre [hj], hommes et femmes [adult équivalent] pour la période de:
 - préparation du sol et ensemencement du mil
 - premier sarclage
 - reste de la saison jusqu'à la récolte
 - récolte du mil
 - récolte du niébé
 - récolte de riz pluvial
 - reste de l'année
 - Besoins alimentaires [kg h^{-1} période⁻¹]
 - Besoins de bois [$\text{kg exploitation}^{-1}$] pour
 - la construction
 - bois de feu
 - Système de production végétale (y compris cultures maraîchères et fourragères, jachères et pâturage)
 - type de sols utilisables potentiels pour ce système de production [ha]
 - type de sol occupé (1995-6) [ha]
 - période de croissance [calendrier et nombre de jour]
 - classification de niveau de production
 - extrants:
 - rendements de grains, gousses, etc [kg ha^{-1}]
 - rendements de racines (si possible) [kg ha^{-1}]
 - rendements de paille, fanes, fourrage:
 - quantité [kg ha^{-1}]
 - qualité [g N kg^{-1}]
 - disponibilité par période de l'année
 - rendements de bois [kg ha^{-1}]
 - absorption des éléments nutritifs [kg ha^{-1}]
 - division de l'usage de paille pour construction, comme fourrage ou pour autre choses
 - intrants:
 - fumier, fumure [type et kg ha^{-1}]
 - paille aux champs avant le semis [g N kg^{-1} , g P kg^{-1} , g K kg^{-1} et kg ha^{-1}]
 - main d'oeuvre [hj ha⁻¹] pour:
 - nettoyage de champs
 - transport et épandage du fumier
 - épandage de la fumure de fond
 - préparation du sol
 - semis
 - premier sarclage
 - épandage de la première fumure de couverture
 - première pulvérisation d'insecticides
 - deuxième sarclage
 - deuxième fumure de couverture
 - deuxième pulvérisation d'insecticides
 - récolte
 - transport
 - battage et vannage
 - transport marché (aller et retour)
 - commercialisation
 - chercher de l'eau
 - chercher du bois
 - préparation des repas
 - jachère [ha ha^{-1}]
 - boeufs pour la traction animale [UBT ha⁻¹]
-

	ânes [UBT exploitation ⁻¹]
	matériels divers (semoir, charrue, etc.)
	prix des intrants et extrants [FCFA], par exemple pour:
	charrues, semoir
	petit matériel
	pulvérisateur
	semences
	pesticides
	insecticides
	grains
	paille
	bois
Systeme de production animales	
	Type d'animaux + nombre actuel [UBT]
	Structure de troupeaux
	Extrants:
	lait [kg UBT ⁻¹]
	viande [kg UBT ⁻¹]
	croissance du cheptel [UBT UBT ⁻¹]
	fumier [kg UBT ⁻¹]
	Intrants:
	fourrage [kg UBT ⁻¹ par classe de qualité]
	main d'oeuvre [hj UBT ⁻¹]
	gardiennage des troupeaux
	traite
	abreuvement
	vaccination
	alimentation
	Intrants monétaires [FCFA UBT ⁻¹]
	matériel
	vaccins
	suppléments
	sel
	eau
Systemes de production alternatifs	
	par exemple: a) nouvelle variété; rendement plus haut, mais efficacité d'utilisation d'engrais plus basse, b) rendement plus haut avec le travail de sol (petites digues, etc.) (même type de caractéristiques que ci-dessus)
Activités hors de l'agriculture	
	nombre et ethnie par période définie [hj]
	rendement [FCFA hj ⁻¹]
Divers:	
	objectifs de développement
	politique du village pour l'utilisation des terres, droits fonciers
	disponibilité de l'eau

Echelle détaillé: Exploitation du ménage

La même chose que en A1.3, mais les informations peuvent être plus détaillées; par exemple la variété, absorption des autres éléments nutritifs, variabilité des caractéristiques de sol dans une parcelle. Détails importants peuvent être toujours ajoutés

Annexe 2. Abréviations

AB-DLO	= le Centre de Recherches Agrobiologiques et de Fertilité de Sol (Wageningen, Pays-Bas)
A/D	= 'District': arrondissement ou département
APSRU	= Agricultural Production Systems Research Unit (Australia)
ASUT	= Analyse de Système d'Utilisation des Terres
CIRA	= Centres Internationaux de Recherche Agricole
CRPA	= Centre Régionale de Promotion Agro-pastorale (Burkina Faso)
CSIRO	= Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (Australia)
DGIS	= Direction Générale pour la Coopération Internationale du Ministère Néerlandais des Affaires Etrangères
DLV	= le groupe de travail sur l'utilisation des terres et sécurité d'alimentation durable aux pays tropicaux (Pays-Bas)
DMI	= Desert Margin Initiative
DRP	= Direction Régionale du Plan (Burkina Faso)
DSAP	= Direction des Statistiques Agro-Pastorales (Burkina Faso)
ICASA	= International Consortium of Agricultural Systems Applications (Consortium International d'Application de Systèmes Agricole)
ICRAF	= International Center for Research on Agro-Forestry
ICRISAT	= International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics
IER	= Institut d'Economie Rural (Mali)
IFDC	= International Fertilizer Development Center (USA)
IGB	= Institut Géographique Burkinabé
IH	= Institute of Hydrology (UK)
IITA	= International Institute of Tropical Agriculture (Nigeria)
ILRI	= International Livestock Research Institute (Ethiopia)
INERA	= Institut d'étude et de recherche agricole (Burkina Faso)
INRAN	= Institut National de Recherche Agronomique au Niger
IUCN	= World Conservation Union
ISC	= ICRISAT Sahelian Center (Niger)
LGP	= La durée de la période de croissance (en jours)
SIG	= Système d'Information Géographique
SNRA	= Systèmes Nationaux de Recherche Agronomiques
ONG	= Organisation Non-Gouvernementales
ORSTOM	= Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération (France)
PDRI	= Projet de Développement Rural Intégré (Burkina Faso)
PLBM	= Programmation Linéaire à But Multiple
PNGT	= Programme Nationale de Gestion de Terroir (Burkina Faso)
PSB	= Programme Sahel Burkinabé
PSI	= Projets de Systèmes Intégrés
PVNY	= Projet Vivrier Nord-Yatenga (Burkina Faso)
SC-DLO	= DLO Winand Staring Centre for Integrated Land, Soil and Water Research (Pays-Bas)
SNRA	= Systèmes Nationaux de Recherche Agronomique
UNDP	= United Nations Development Program
WAU-PE	= l'école diplômée C.T. de Wit de l'Ecologie de Production de l'Université Agricole de Wageningen (Pays-Bas)
ZAE	= Zone agro-écologique