



**PRELIMINARY REPORT**  
**RAPPORT PRELIMINAIRE**



**TABLE OF CONTENTS/TABLE DES MATIERES**

Introduction	2
Abstracts/Résumés	3
Recommendations/Recommandations	56
Participants	70

## INTRODUCTION

This is the initial report on the workshop devoted to "Soil, Water and Crop Management Systems for Rainfed Agriculture in the Sudano-Sahelian Zone", convened by INRAN, ICRISAT, USAID, and TROPSOILS from 11 to 17 January 1987 in Niamey, Niger, for close to 100 agronomists, soil scientists, representatives of governments, professors, rural economists, hydrologists and other specialists from Africa (Burkina Faso, Cameroon, Cape Verde, Chad, Ethiopia, Ghana, Ivory Coast, Mali, Niger, Senegal, Sudan, Zaire), Europe (England, France, Italy, Netherlands, Norway), India and U.S.A.

Some forty technical presentations focussed on rainfed agriculture, soil/water management, residue management and agroforestry, cropping systems and cultural practices, modelling and economic considerations.

Working groups studied agroecological constraints and production systems; soil and crop management for efficient use of water; soil fertility management; crop residue management in relation to livestock soil and water conservation; the socio-economic impact of improved technologies for farming systems.

The full proceedings will be published by the ICRISAT Information Services.

\* \* \* \* \*

L'ICRISAT, l'INRAN, l'USAID et TROPSOILS ont organisé à Niamey, du 11 au 17 janvier 1987, un Atelier international sur les systèmes d'aménagement des sols, de l'eau et des cultures pluviales dans la zone soudano-sahélienne. Cet atelier a regroupé près de cent participants (agronomes, chercheurs des sols, économistes, hydrologistes, professeurs d'université et représentants de gouvernements, de projets bilatéraux, et d'instituts internationaux) venus d'Afrique (Burkina Faso, Cameroun, Cap Vert, Côte-d'Ivoire, Ethiopie, Ghana, Mali, Niger, Sénégal, Soudan, Tchad, Zaire), d'Europe (France, Italie, Norvège, Pays-Bas, Royaume-Uni), des Etats-Unis et de l'Inde.

Une quarantaine de communications ont été présentées sur l'agriculture pluviale, la gestion des sols, de l'eau et des résidus de récolte, l'agroforesterie, les pratiques agricoles et les systèmes culturels, la modélisation et l'économie rurale.

Des groupes de travail ont été constitués pour étudier les thèmes suivants: contraintes agréo-écologiques et systèmes de production; aménagement des sols et des cultures pour une utilisation plus efficace de l'eau; fertilité des sols; gestion des résidus de récolte pour le bétail et conservation du sol et de l'eau; impact socio-économique des technologies améliorées.

On trouvera ci-dessous le rapport préliminaire de cet atelier; les actes définitifs seront publiés par l'ICRISAT.

## ABSTRACTS/RESUMES

**Technical Session I**

**Overview of Rainfed Agriculture in the Sudano-Sahelian Zone**

**Session technique I**

**Aperçu de l'agriculture pluviale dans les régions  
soudano-sahéliennes**

## Les ressources en sols des régions soudano-sahéliennes

P. Bertrand\*

### Résumé

En liaison avec l'influence de roches variées, les paléoclimats, tantôt très humides, tantôt hyperarides, sont responsables de l'organisation spatiale et des caractéristiques des couvertures pédologiques des régions soudano-sahéliennes. Les taxonomies pédologiques sont insuffisantes pour assurer le transfert des connaissances sur les ressources en sol. L'évaluation de ces dernières dépend des facteurs du milieu autres que pédologiques et de contraintes socio-économiques et politiques. Il convient donc d'adopter des démarches d'évaluation interdisciplinaires pour en compléter l'inventaire qui est pratiquement achevé à petite échelle pour bien des pays de la région. Les problèmes de classification des sols semblent dépassés et non prioritaires. Pour assurer le transfert des résultats des recherches agronomiques, la connaissance des relations spatiales, temporelles et dynamiques entre les résultats expérimentaux et les autres facettes de la couverture pédologique locale et régionale, est indispensable. La classification nécessite des cartographies et études de sols interdisciplinaires à différents niveaux.

### Abstract

**Soil resources in the Sudano-Sahelian regions:** The various rocks and paleoclimates (sometimes very wet and sometimes very dry) together influence the spatial organization and characteristics of the soils in the Sudano-Sahelian region, but correct soil classification preliminary to the transfer of knowledge about soil resources also depends on other environmental, socio-economic and political factors. To make any resource inventory complete, an interdisciplinary approach must be used. Small-scale resource inventories have already been made for many countries in the region. The problem of soil classification may seem outdated and of low priority but successful transfer of results from agronomic research predicates on an understanding of the spatial, temporal and dynamic relations between experiments and the local or regional characteristics of the land surface which indicates the need for cartographic and interdisciplinary soil studies at various scales.

\* IRAT-CIRAD, Montpellier, France.

## Agroclimatic Aspects of Rainfed Agriculture in the the Sudano-Sahelian Zone

M.V.K. Sivakumar\*

### Abstract

In contrast to existing definitions of the Sudano-Sahelian zone based on mean annual rainfall only, it is proposed that a 60-150 day growing period be used for delineation purposes. Characteristics of the rainfall in this region such as temporal and spatial variability, persistency and geographical patterns of variability are described with suitable examples. (Rainfall intensities, infiltration and runoff are briefly reviewed). Air temperature extremes and their cumulative frequencies at sowing and harvesting were recorded. High temperatures ( $>40^{\circ}\text{C}$  at sowing) together with wind erosion made crop establishment more difficult. Maps of potential evapotranspiration and growing season lengths are presented. The application of agroclimatic information for cropping strategies is described. A significant relationship between the onset of rains and the length of the growing season for several locations provide the basis for a new concept of "water-responsive crop management tactics". The application of rainfall and drought probabilities and water balance was also discussed.

### Résumé

**Aperçu de l'agroclimatologie de l'agriculture pluviale dans la zone soudano-sahélienne :** On propose de délimiter la zone soudano-sahélienne sur la base d'une saison de croissance allant de 60 à 150 jours plutôt que sur un fondement issu des données pluviométriques moyennes annuelles. On décrit pour cette région des caractéristiques de la pluviométrie, telles la variabilité spatio-temporelle, la persistance et les modes géographiques. Les intensités des précipitations, l'infiltration et le ruissellement sont passés brièvement en revue, ainsi que les enregistrements des températures maximales et minimales de l'air et leur fréquence cumulée à l'époque du semis et de la récolte des cultures dans la zone. Il apparaît que la température maximale au semis peut excéder  $40^{\circ}\text{C}$ . Une conjonction de cette température élevée et de l'érosion éolienne compliquent particulièrement l'établissement des cultures. Des cartes d'évapotranspiration potentielle et de longueurs des saisons de croissance sont présentées. On décrit l'application de l'information agroclimatique à la stratégie culturale. Une relation significative est établie entre le début des pluies et la longueur de la saison de croissance pour plusieurs lieux. Ceci a permis d'introduire le concept nouveau de "tactique d'aménagement des cultures en réponse au temps". On termine par l'examen du bilan hydrique de l'application des probabilités de pluies et de sécheresse.

\* Principal Agroclimatologist, ICRISAT, Niamey, Niger.

# L'usage efficace des ressources en eau pour l'agriculture en zone soudano-sahélienne

J.M. Chapotard\*

## Résumé

Le présent exposé se réfère géographiquement aux Etats africains francophones de la zone soudano-sahélienne. Orienté vers les problèmes de l'utilisation des ressources en eau pour l'agriculture, il rappelle d'abord ce que sont ces ressources et ce qu'on sait de leurs caractéristiques essentielles: pluie, eau souterraine et eau de surface. Il décrit ensuite, par quelques exemples de petits périmètres, divers modes de mise à disposition de l'eau au profit de l'agriculture et en précise quelques résultats. Il résume ensuite la situation de la recherche dans le domaine de la mise en oeuvre des ressources en eau et les perspectives de cette recherche, celle-ci étant globalement orientée vers une connaissance plus précise des besoins et la recherche de l'économie dans le processus devant aboutir à leur satisfaction correcte. Il conclut au caractère indispensable de ces orientations, compte tenu de l'insécurité de la culture pluviale seule, mais aussi de la nécessité de réaliser des investissements adaptés et économiquement corrects.

## Abstract

**Efficient use of water resources for agriculture in the Sudano-Sahelian zone:** This paper is concerned with the problem of utilizing and describing water resources (rainfall, ground and surface water) for agriculture in the French-speaking countries of the zone. It describes various methods of providing water for agriculture using small irrigation schemes as examples and then summarizes current research into the exploitation of water resources and the efforts to acquire more precise knowledge on needs and economical uses of water. The paper concludes that the uncertainty of rainfed agriculture makes this approach and appropriate, economic investments essential.

\* CIEH, Ouagadougou, Burkina Faso.



## Gestion conservatoire des eaux et de la fertilité des sols dans les paysages soudano-sahéliens d'Afrique Occidentale

Eric Roose\*

### Résumé

Depuis le début du siècle, on observe dans cette zone une dégradation de la végétation, du sol et des ressources hydrauliques. Cette dégradation est en relation avec le développement de la population et sa concentration en zone urbaine, avec l'extension des défrichements pour faire face aux besoins en énergie et en terres de culture, avec le surpâturage des parcours suite à l'extension des troupeaux en période humide et à la réduction des surfaces pâturables. L'érosion témoigne du déséquilibre entre la gestion du paysage et ses potentialités.

L'analyse des résultats de trente années de recherche de l'ORSIOM et du CIRAD montre que le milieu est sensible à l'énergie du vent, de la pluie, et du ruissellement. L'intensité des averses est largement supérieure à la capacité d'infiltration des sols battants, instables et souvent carencés. Le couvert végétal, les techniques culturales et la pente sont les principaux facteurs permettant de réduire l'érosion. L'analyse des projets d'aménagements antiérosifs aboutit généralement à un constat d'échec parce qu'on a appliqué des méthodes étrangères non adaptées aux conditions locales, trop coûteuses, peu efficaces et peu acceptables par les paysans: on n'a observé ni l'entretien des dispositifs par les bénéficiaires, ni l'extension en tache d'huile.

L'auteur propose une approche globale (à l'échelle du village) et progressive (plan d'aménagement sur 10 ans) de l'aménagement du paysage en vue d'une gestion conservatoire de l'eau et de la fertilité des sols et de l'équilibre du système de production agro-sylvo-pastoral. Il préconise d'augmenter l'infiltration et de disperser l'énergie des eaux de ruissellement résiduelles par une série de techniques culturales et de structures composées de microbarrages perméables (connues dans la tradition africaine), l'intégration de l'élevage et de l'agriculture (fourrage-fumier-attelage), l'association des arbres à objectifs multiples sur la zone cultivée, le cloisonnement progressif du paysage pour former un bocage aménagé, en vue de cultures intensifiées mécanisées et l'aménagement des bas-fonds.

Les aménagements seront légèrement différents selon le type de climat et de population: diversion des eaux excédentaires en milieu soudanien ( $P > 700$  mm), absorption totale en milieu soudano-sahélien et captage du ruissellement pour l'irrigation d'appoint en zone sahélienne ( $P < 400$  mm). Le traitement simultané de l'érosion éolienne (rideaux d'arbres) de l'érosion en nappe et en ravine et de la dégradation de la fertilité des sols est indispensable pour rétablir l'équilibre du paysage.

## Abstract

**Soil and water conservation in the Sudano-Sahelian zone of West Africa:** Since the beginning of the century, vegetation, soil and water resources in this zone have deteriorated. As populations grew and concentrated in urban zones, more lands were stripped to provide firewood and arable land, and expanding herds were forced to overgraze reduced rangelands. Erosion is evidence of the imbalance between the present and potential land management.

The results of thirty years of research at ORSTOM and CIRAD show the extent of erosion caused by wind, rain, and runoff. The unstable impoverished soils have too slight an infiltration capacity to absorb heavy rains which are therefore lost to runoff. Major factors in curbing erosion are vegetation cover, cultural practices, and slope management.

Projects to control erosion have often failed because methods borrowed from other regions were not adapted to the local conditions, either for reasons of cost, low efficiency or acceptability to the farmers.

The author proposes a comprehensive approach for landscape management based on the conservation of water and soil fertility and a balanced, sustained agriculture/forestry/pasture production system. He suggests better use of runoff waters through a system of tillage, the creation of surface structures such as permeable microdams (a traditional African practice), mixed farming, the association of multi-purpose trees with crops, the division of land into management units for intensive mechanized cultivation, and the development of valley bottoms. This type of a conservation management program would need to be adapted to climates and demography: diversion and collection of the excess water in the Sudanian zone (rainfall >700 mm), complete infiltration in the Sudano-Sahelian zone and water harvesting for supplementary irrigation in the Sahelian zone (rainfall <400 mm). The simultaneous control of wind, sheet and gully erosion and of soil fertility are essential to the stabilization of the landscape.

\* Directeur de Recherche, ORSTOM, Montpellier, France.

**Technical Session II**

**Soil/Water Management for Conservation/Production Systems  
in Low Rainfall Areas**

**Session technique II**

**Aménagement des sols et de l'eau pour les systèmes  
de conservation/production dans les régions de faible pluviosité**

# Measurement and Characterization of Soil-Water Relationships

D.J. Mulla\*

## Abstract

The measurement of soil content and soil water potential are critical for efficient management of agricultural lands. A knowledge of these soil-water relationships facilitates improved irrigation scheduling and cropping decisions. In this paper, methods for measuring water content and water potential are discussed. A brief description of instrumentation is given along with a discussion of the principles upon which each method is based. Recommendations are made regarding the types of operating conditions in which each technique can be used, and the advantages and disadvantages of each method. For measuring soil-moisture content the methods discussed include gravimetric, neutron probe and microwave techniques. The measurement of soil water potential using tensiometers, pressure chamber apparatus, hanging water columns, moisture blocks and thermocouple psychrometers is discussed. It is shown that the wetting treatment applied prior to determining the moisture release curve can significantly affect the pore size distribution of the soil and the relation between water content and water potential.

## Résumé

**Mesure et définition des relations sol/eau :** La teneur en eau du sol et son potentiel hydrique sont des mesures essentielles à tout aménagement efficace de terres agricoles et une bonne connaissance des relations sol/eau facilite le développement des projets d'irrigation et la prise de décisions pour la mise en culture. Cet article décrit les méthodes utilisées pour mesurer la teneur en eau et le potentiel hydrique du sol, les instruments y afférents et les principes sur lesquels elles se fondent. Des recommandations sont formulées quant aux conditions d'exploitation de chacune de ces techniques et une liste des avantages et des inconvénients est présentée pour chaque cas.

Les techniques de gravimétrie, sonde à neutrons et micro-ondes sont examinées au titre des méthodes de mesure de la teneur en eau du sol et les instruments tels que les tensiomètres, bombes à pression, colonnes gravimétriques, blocs à humidité et psychromètres à thermocouple, dans le cadre des mesures effectuées sur le potentiel hydrique. On démontre qu'un traitement d'humectation réalisé avant la détermination de la courbe de déshydratation peut avoir un effet significatif sur la répartition dimensionnelle des pores et la relation entre la teneur en eau et le potentiel hydrique du sol.

\* Assistant Professor of Soils, Dept. of Agronomy and Soils, Washington State Univ., Pullman, Washington, USA.

# Water Use Efficiency of Crops in the Semi-Arid Tropics

P.J. Gregory\*

## Abstract

Water-use efficiency (WUE) can be defined in several ways but for the semi-arid tropics is best viewed in terms of the total shoot dry matter production (N) and the various pathways whereby water can be lost:

$$WUE = \frac{N/T}{1 + (E+R+D)/T}$$

where E is evaporation, R is runoff, D is drainage and T is transpiration. This expression makes clear that WUE can only be changed in three ways: first, changing the fraction N/T (the transpiration efficiency), second, increasing the total supply of water to increase T, and third, if the supply is limited, altering the balance between T and the other pathways of loss E, R and D.

In this review it is shown that N/T is a function of the saturation deficit and the biochemistry of the photosynthetic pathway so that there are currently few practical means of altering it substantially. However there is a variety of management practices available for changing WUE by the other two ways. Runoff is an important component of the water balance of semi-arid regions, and appropriate cultivation and cropping patterns that encourage infiltration of the water will increase WUE markedly. Optimizing plant populations and fertilizer applications will also increase WUE by increasing T relative to the other pathways of loss.

However because rainfall is frequently erratic in both amounts and distribution, maximizing WUE may not be a major consideration of subsistence farmers. The desire for predictable, more stable yields may lead to underutilization of water in the wettest years.

## Résumé

**Efficacité de l'utilisation de l'eau pour les cultures dans les zones tropicales semi-arides :** plusieurs définitions peuvent être données de l'efficacité de l'utilisation de l'eau (EUE) mais, dans les tropiques semi-arides, la meilleure est celle qui consiste à établir un rapport entre la production totale de matières sèches des pousses (N) et les diverses voies possibles de perte d'humidité ou déperdition d'eau.

$$EUE = \frac{N/T}{1 + (E+R+D)/T}$$

où E est l'évaporation, R le ruissellement, D le drainage et T, la transpiration. Cette expression montre clairement que l'EUE ne peut être modifiée que de trois façons. La première consiste à modifier le rapport N/T (efficacité de la transpiration), la deuxième à augmenter l'approvisionnement total en eau pour accroître T et la troisième à modifier, au cas où cet approvisionnement serait limité, l'équilibre existant entre T et les autres facteurs entraînant une perte d'humidité E, R, et D.

On montre dans cette étude que N/T est fonction du déficit de saturation et du processus biochimique de photosynthèse et qu'il existe donc peu de moyens pratiques de modifier substantiellement ce rapport. En revanche, toute une gamme de techniques permet de modifier l'EUE en agissant sur les deux autres facteurs de perte d'humidité. Le ruissellement est l'un des éléments constitutifs importants du bilan hydrique dans les tropiques semi-arides et l'EUE sera grandement améliorée par des programmes de cultures accentuant le taux d'infiltration de l'eau. L'optimisation des populations végétales et l'épandage d'engrais augmenteront aussi l'EUE en élevant la part relative de la transpiration par rapport aux autres facteurs de perte d'humidité.

Néanmoins, étant donné la fréquente irrégularité de la hauteur et de la répartition des précipitations, il se pourrait que la maximisation de l'EUE ne constitue pas l'un des éléments les plus importants de l'agriculture de subsistance. L'aspiration à des rendements plus prévisibles et plus stables peut même entraîner une sous-utilisation de l'eau pendant les années les plus pluvieuses.

\* Dept. of Soil Science, Univ. of Reading, London Rd., Reading, UK.

## Soil Fertility Management and Water Relationships

A.B. Onken and C.W. Wendt<sup>1</sup>

### Abstract

In many arid and semi-arid regions, rainfall is the primary or only source of water. Cultural practices that reduce runoff and evaporation and enhance infiltration are important in making the maximum amount of the water resource available to a crop. It is equally important, that once the water is made available, the crop utilize it efficiently. One key factor is the chemical nature of the soils, including, but not limited to, soil fertility which in West Africa is a major consideration because most soils of the region are nutrient deficient, have low cation exchange capacities and a low pH. Data presented show the importance of selecting the proper variety for fertilizer response, and nutrient sufficiency and combining various other cultural practices having a positive effect on yield and water-use efficiency (WUE). There is also evidence to show that fertilizer and available water interact such that at some unestablished point water becomes limiting and fertilizer applications will not increase yields or WUE. Water conserving practices that increase available water by reducing runoff, increasing infiltration and reducing evaporation can become economically feasible only when nutrient deficiencies are corrected. There is no doubt that one of the keys to increasing and sustaining crop production in Sahelian Africa is research on the chemistry and fertility of its soils.

### Résumé

**Gestion de la fertilité des sols et relations hydriques :** Dans un grand nombre de ces régions, les pluies constituent la source première voire unique, d'eau. Les pratiques culturales limitant le ruissellement et l'évaporation et accentuant l'infiltration sont essentielles pour mettre les quantités maximales d'eau à la disposition des cultures. Il est aussi important que les cultures utilisent efficacement l'eau mise à leur disposition. La chimie du sol est l'un des facteurs (incluant la fertilité, mais ne se limitant pas à cet aspect) qui influencent notablement l'efficacité de l'utilisation de l'eau par les cultures. En Afrique de l'Ouest, la fertilité revêt une importance primordiale du fait que la plupart des sols de la région manquent d'un ou plusieurs éléments nutritifs et souffrent de faibles pH et de médiocres capacités d'échange des bases.

Il ressort des données présentées qu'il est essentiel de sélectionner des variétés adaptées à l'application d'engrais, de remédier aux carences en éléments nutritifs et de combiner diverses autres pratiques culturales ayant un effet positif sur le rendement pour accroître la productivité et l'efficacité de l'utilisation de l'eau (EUE). On a pu démontrer que l'humidité

disponible et la fertilisation réagissent de telle sorte l'une sur l'autre que l'eau devient un facteur limitant à un certain point et que l'application d'engrais n'élèvera plus ni les rendements ni l'EUE. Les pratiques de conservation de l'eau qui augmentent les quantités d'eau disponibles en limitant le ruissellement, en élevant le taux d'infiltration et en réduisant l'évaporation ne sont économiquement réalisables qu'après compensation des carences en éléments nutritifs. En définitive, l'augmentation de la production agricole et sa stabilité dans le temps en zone sahélienne passe forcément par une connaissance approfondie de la chimie des sols de la région.

\* Texas A&M Univ. and Texas Agricultural Experiment Station, Lubbock, Texas, USA.



# Conjunctive Use of Rainfall and Irrigation in Semi-Arid Regions

B.A. Stewart\*

## Abstract

Supplemental irrigation can be beneficial when there is sufficient rainfall to sustain - but not to increase - crop production. The efficient use of such water, however, requires a good understanding of the relationships of transpiration, evapotranspiration, and water application rates to dry matter and grain yields. The objectives of this treatise are (1) to assess the likely yield increase that can result from supplemental irrigation, and (2) to present some strategies for applying limited amounts of irrigation water. When irrigation water supplies are adequate, water is generally added in sufficient quantities to ensure the production of high yields. If water supplies are limited, operators must choose between cutting back on the amount of land irrigated or on the amount of water applied to each unit of land irrigated. Data presented for grain sorghum show that limited amounts of irrigation water can be used more efficiently by applying small amounts to more land than by fully irrigating less land. However, the extent of the benefits and economics of the practice depend on many factors.

## Résumé

**Utilisation conjointe de l'eau de pluie et de l'irrigation dans les régions semi-arides :** L'irrigation peut être bénéfique dans une situation où elle complète l'apport de précipitations suffisantes pour assurer une stabilité de la production agricole dans le temps mais où l'eau continue d'être un facteur limitant. Toutefois, l'utilisation efficace de cette eau dépend d'une bonne compréhension des relations existant entre taux de transpiration, évapotranspiration et apport d'eau d'une part, et rendements en matières sèches, et graines, d'autre part. Les objectifs de cette étude consistent : (1) à évaluer l'augmentation probable de rendement découlant d'une irrigation d'appoint et, (2) à définir quelques stratégies d'apport d'eau d'irrigation en quantités limitées. Dans le cas où la réserve est satisfaisante, l'eau est ajoutée en quantités suffisantes pour assurer de hauts rendements. Si elle est insuffisante, les exploitants devront choisir entre la réduction des surfaces irriguées ou celle des quantités d'eau apportées par surface unitaire irriguée. Les données recueillies pour le sorgho montrent que dans le cas où l'apport d'eau est limité, l'application de petites quantités sur une plus grande surface assurera une meilleure efficacité d'utilisation qu'une irrigation complète pratiquée sur une surface moindre. Toutefois, les avantages et la rentabilité de l'opération dépendent d'un grand nombre d'autres facteurs.

\* Laboratory Director USDA-ARS, Conservation and Production Research Laboratory, Bushland, Texas, USA.

## Wind Erosion: Mechanics/Measurement/Control

D.W. Fryrear\*

### Abstract

In semi-arid and arid regions erosion of soil by wind is an annual problem. Wind erosion mechanics have been researched, and the flow processes of surface creep, saltation, and suspension described. The factors responsible for the detachment of erodible particles is well understood, but the measurement of wind erosion has been difficult because of inadequate field equipment. Recent advancements in measuring equipment have made it possible to collect samples for quantity and quality determinations. Surface residue management, tillage, or wind barriers are major methods of controlling wind erosion. The lack of adequate rainfall will influence the optimum wind erosion control technique. Available rainfall may limit the quantity of residue produced, but research has shown that 30% soil cover will reduce soil erosion losses 80%. The benefits of wind erosion control with crop residues must be weighed against the utilization of residues by livestock. Ridging soils will reduce soil losses 85%, except for deep sands. Timing the wind erosion control technique is important because ridging a moist noneroding soil may provide complete control while ridging a dry eroding soil may provide no control.

### Résumé

**Erosion éolienne : mécanismes, mesures, contrôle :** Dans les régions arides et semi-arides, l'érosion éolienne est un problème persistant dont les aspects mécaniques ont été étudiés et les phénomènes de reptation en surface, saltation et suspension décrits. Les facteurs responsables du détachement des particules érodibles ont été bien analysés, mais l'insuffisance de matériel sur le terrain a constitué un handicap pour mesurer l'érosion éolienne. Le perfectionnement des instruments de mesure a permis de recueillir des échantillons servant à la détermination quantitative et qualitative. La gestion des résidus en surface, le travail du sol et les brise-vents constituent des techniques importantes de maîtrise de l'érosion éolienne, sensibles à l'influence d'une pluviosité insuffisante. Les eaux de pluie disponible pourraient diminuer les quantités de résidus produites mais des études ont montré qu'une couverture du sol de 30 % réduirait de 80 % les pertes dues à l'érosion. L'importance des résidus comme moyen de lutte contre l'érosion doit être évaluée par rapport à leur valeur pour l'élevage. Le billonnage devrait permettre de diminuer de 80 % les pertes dues à l'érosion du sol, à l'exception des sables profonds. Il est essentiel de prévoir un calendrier d'exécution des techniques de maîtrise de l'érosion éolienne, car le billonnage peut assurer un contrôle total sur un sol humide non érodible, mais nul sur un sol sec érodible.

\* Agricultural Engineer, USDA, Big Spring, Texas, USA.

## A Study of Methods for the Revegetation of Barren Crusted Sahelian Forest Soils

R. G. Chase and E. Boudouresque\*

### Abstract

Shallow, crusted forest soils received the following treatments: tillage (T), mulching with tree branches (M), or tillage followed by mulching (TM). Half the land was exposed to grazing. No fertilizers or seeds were used. During the first rainy season (1983, rainfall 550 mm), winds and water-deposited sand left seed in the plots, particularly those with a mulch. After four months the TM treatment area had an average biomass stand equal to that found in naturally vegetated areas of the adjacent forest. Plots established in 1984 produced one-tenth the biomass that the 1983 plots produced in their first year. The year-old TM plots produced five times more biomass during the droughty 1984 season than did plots established in that season. The T treatment area lost and the M treatment area gained in relative biomass production in the second year. By the third year, the T treatment lost most of its effectiveness. Plots exposed to grazing produced less biomass, partially due to the dispersal of branches by passing animals. Separate tests showed that natural areas of sand accumulation and termite activity decrease runoff rates. Mulch was shown to decrease and stabilize soil temperatures while permitting water to move deeper into crusted soil than even the tillage treatment. These effects help create a microenvironment which supports plant growth.

### Résumé

**Etude de méthodes de régénération de sols dégradés des forêts sahéliennes :** Quatre traitements, travail du sol (T), paillage (M) au moyen de branchettes, ou travail suivi de paillage (TM) ont été appliqués à des sols superficiels et encroûtés des forêts sahéliennes. La moitié des parcelles a été exposée aux animaux et aucun apport d'engrais ou de semences ne fut réalisé. Lors de la première saison des pluies (1983, 550 mm de pluie), le vent et le ruissellement apportèrent des semences dans les parcelles particulièrement celles paillées. Au terme des quatre mois on notait dans le traitement TM une biomasse moyenne égale à celle des zones naturelles de la zone adjacente boisée. La production des parcelles établies en 1984 fut dix fois moindre que celle de première année des parcelles établies en 1983. Cela est dû à la sécheresse de 1984, cependant les traitements TM et M conservèrent leur avantage. Si en première année, l'effet du travail du sol semblait prédominant quant à la conservation de l'eau du sol, en seconde année l'effet du paillis fut supérieur, et en troisième année l'effet du travail du sol était pratiquement nul à cet égard. Là où le broutage était permis, la production de

la biomasse fut nettement moindre, principalement à cause de l'épurdillement des branchettes par les animaux. Des essais annexes ont montré que là où le sable s'est accumulé naturellement et où les termites sont actives, le ruissellement était moindre. Le paillage diminue et stabilise les températures du sol tout en favorisant l'infiltration dans les sols encroûtés plus que dans le traitement T. Tous ces résultats positifs proviennent de la création d'un microenvironnement favorable à la croissance végétale.

\* SECID Farming Systems Project, Bamako, Mali; Laboratoire de biologie et écologie végétale, Univ. d'Orléans, Orléans, France.

## **Characterization of the Microenvironment: Measurement Techniques**

C.K. Ong\*

### **Abstract**

Instruments and techniques are described for measuring the temperature, humidity, windspeed, light interception by crop canopy and the duration of leaf wetness. Data loggers for monitoring these instruments are also reviewed. The performance of this equipment in the semi-arid tropics is evaluated in experiments which have been designed to measure the microclimate in agroforestry and intercropping systems. Emphasis is given to the difficulties encountered in the field and in the interpretation of data. References and details are provided on the principles and construction of individual instruments which are not commercially available.

### **Résumé**

**Caractéristiques du micro environnement et techniques de mesure :** Cette étude décrit les techniques et instruments utilisés pour mesurer la température, l'humidité, la vitesse du vent, l'interception de la lumière par le couvert végétal et la persistance de l'eau sur la feuille. En zone tropicale semi-aride, la performance de ces instruments et des enregistreurs de données qui les contrôlent ont été évaluées lors d'expériences visant à mesurer le microclimat dans les systèmes agroforestiers et de cultures associées. L'accent est mis sur les difficultés rencontrées sur le terrain et lors de l'interprétation des données. Des précisions techniques et bibliographiques sont fournies sur les principes de fonctionnement et la fabrication de quelques instruments de mesures non commercialisés.

\* Principal Agronomist, Agronomy Group, Resource Management Program, ICRISAT, India.

## Soil Conservation and Water Resource Management in the Guinea and Sudanian Savanna Zones of Ghana

L. Sipkens and P.M. Nabila\*

### Abstract

Factors affecting soil erosion, conservation and research as well as the water resource potential in the Guinea and Sudanian Savanna of Ghana are reviewed. They include topography, soil type, vegetation, rainfall patterns, cropping techniques, and livestock management. The gradual change from subsistence to cash cropping has led to soil degradation. Soil conservation efforts in the area began long ago through bench terracing using stones collected from the farms. In the 1950s land planning areas were introduced. Their partial failure is discussed. On-farm and on-station research is conducted on suitable cropping systems with a high proportion of legumes. In northern Ghana 95 medium-scale irrigation schemes have been identified but only 3 have been constructed. Currently the water resource utilization activities are centered around the small dams, the medium-scale irrigation projects and the valley bottoms for rainfed rice farming.

### Résumé

**Conservation des sols et gestion des ressources en eau dans la zone soudano-guinéenne du Ghana :** On donne un aperçu de l'érosion du sol, de la conservation de l'eau et des recherches effectuées sur le potentiel des ressources hydriques dans la zone de savane soudano-guinéenne du Ghana. Les auteurs décrivent les facteurs qui affectent l'érosion dans le nord du Ghana, tels que la topographie, les types de sols, la végétation, la répartition des pluies et les systèmes de culture et d'élevage. Le passage progressif d'une agriculture de subsistance à une agriculture de marché a entraîné une dégradation des sols. Dans cette région, on s'efforce depuis longtemps d'enrayer cette dégradation et d'adopter des mesures de conservation du sol telles que la culture en terrasses avec construction de murets en utilisant des pierres ramassées dans les fermes. Pendant les années 50, on a envisagé de mettre en oeuvre des plans d'aménagement foncier dont on analyse brièvement les raisons d'échec partiel. En station et chez le paysan, les recherches portent notamment sur l'identification de systèmes de culture adaptés comportant une forte proportion de légumineuses. Au Ghana septentrional, 3 des 95 projets d'irrigation de moyenne importance identifiés ont été mis en place. Actuellement, les foyers d'activité centrés sur l'utilisation de l'eau se regroupent près des petits barrages, des projets d'irrigation de moyenne importance et dans les bas-fonds des vallées occupés par des cultures de riz pluvial.

\* Agronomists, Nyankpala Agricultural Experiment Station, Ghana.

## **Research Needs and Priorities for Rainfed Agriculture in Western Sudan**

B.A. Ibrahim et G.M. Madibo\*

### **Abstract**

A fundamental constraint to agriculture and livestock production for the traditional producers in Western Sudan is an inefficient and at times inappropriate, use of their resource base. Insufficient water availability, unreliable rainfall, poor genetic stock, low soil fertility, inefficient agronomic practices, crop pests and diseases and inadequate infrastructure were singled out as the most important production-limiting constraints. Research priorities for the region as well as aspects for future development are discussed. The two most crucial measures suggested were the development of drought-resistant varieties and the improvement of soil/water management and conservation practices.

### **Résumé**

Besoins et priorités de la recherche pour l'agriculture pluviale dans les zones semi-arides du Soudan occidental : L'utilisation inefficace et parfois inappropriée des ressources dont disposent les producteurs traditionnels du Soudan occidental est l'une des contraintes fondamentales de leurs systèmes de production animale et végétale. Parmi d'autres facteurs limitant la production, les auteurs ont relevé l'insuffisance des quantités d'eau disponible, l'irrégularité des pluies, la médiocrité du matériel génétique, les pratiques agronomiques déficientes, la faible fertilité des sols, l'abondance des ravageurs et des maladies des cultures et, enfin, l'absence d'une infrastructure appropriée. La mise au point de variétés résistantes à la sécheresse et l'amélioration des techniques d'aménagement des sols et de conservation de l'eau sont apparues comme étant les deux méthodes essentielles pour remédier à la situation.

\* Western Sudan Agriculture Research Project, El Obeid, Sudan.

**Technical Session III**

**Crop/Livestock Relationships, Residue Management and  
Agroforestry**

**Session technique III**

**Relations cultures/bétail, aménagement  
des résidus et agroforesterie**



## **Soil Fertility Management of the Millet-Producing Sandy Soils of Sahelian West Africa: The Niger Experience**

A. Bationo, C.B. Christiansen and U. Mokwunye\*

### **Abstract**

Most of the information in this paper is the result of field trials conducted in Niger on the sources, management, fate and efficiency of phosphorus and nitrogen fertilizers. Indigenous phosphate rock and partially acidulated phosphate rock can provide inexpensive alternatives to imported fertilizers. Because the sandy soils of the area have a low capacity to absorb phosphorus, management practices are being developed to maximize the good residual response to phosphorus. Moisture has proven important in the response of millet to nitrogen fertilizers. Recent trials indicate that a combination of the appropriate nitrogen source (less volatile) and management practices (point placement) may help reduce nitrogen losses which have been as high as 50%. The addition of farmyard manure and crop residues improve the chemical properties of the soils, and organic materials complementary to mineral fertilizers help sustain productivity.

### **Résumé**

**Gestion de la fertilité des sols sablonneux à vocation du mil, Afrique de l'Ouest :** La majeure partie de l'information contenue dans cet article résulte d'essais au champ réalisés au Niger sur les sources, la gestion, le devenir et l'efficacité des engrais phosphatés et azotés. Les roches phosphatées naturelles et roches phosphatées partiellement acidulées peuvent être des solutions de rechange peu coûteuses par rapport aux engrais importés. Les sols sablonneux de la région sont caractérisés par leur faible capacité d'absorber le phosphore, et développer des modes de gestion est essentiel pour maximiser une réponse résiduelle élevée aux engrais phosphatés. L'humidité s'est révélée importante pour la réponse du mil à l'azote. Des essais récents montrent que la combinaison de sources adéquates d'azote (moins volatile) et de modes de gestion (placement localisé) peut réduire les pertes d'azote qui peuvent atteindre 50 %. L'addition de fumier et de résidus de récoltes améliore les propriétés chimiques des sols ; la complémentarisation des engrais minéraux par de la matière organique aide au maintien de la productivité.

\* Soil scientists IFDC/ICRISAT, Niamey, Niger; IFDC Muscle Shoals, Alabama, USA.

## **Crop Residue/Livestock Relationships**

S. Sandford\*

### **Abstract**

Level, stability and sustainability of output and income are important criteria for assessing farming systems, including the integration of crop and livestock activities in semi-arid areas. In integrated farming systems cattle derive up to 45% of their total annual feed intake (DM) from crop residues and up to 80% at critical periods. Small ruminants derive much less. Up to 50% of the total yield of crop residues and up to 100% of the edible portion are eaten by livestock. The relative interannual variability of yield of grain and of crop residues is not well known. The variability of yield of the edible portion is less than that of total residue. Residue-derived livestock output may be very variable.

In principle use of animal traction should improve the level, stability and sustainability of crop yields; the empirical evidence about how farmers actually use it is conflicting but suggests that farmers often use it to increase cropped area rather than yields; if so this probably reduces sustainability by reducing the fallow period. Farm surveys indicate that, as expected, manuring increases crop yields, but for any system to be sustainable, in terms of plant nutrients, from manure alone requires nutrient transfer from grazing areas to cropped land. Between 2 and 47 ha of grazing are required per ha cropped annually, depending on yields of grain and grass, and on manuring system. In years of good crops farmers often invest their profits in livestock and then sell these in bad years to buy human food and thus stabilize their consumption.

### **Résumé**

**Relations résidus des cultures/élevage :** Niveau, stabilité et maintien dans le temps de la production et du revenu sont d'importants critères d'évaluation des systèmes de production, y compris de ceux associant l'agriculture et l'élevage dans les régions semi-arides. Dans les systèmes associant l'agriculture et l'élevage, les résidus des cultures représentent près de 45 % du régime alimentaire annuel total (matières sèches) des bovidés et peuvent même atteindre 80 % en période critique. Les animaux consomment jusqu'à 50 % de la production totale de résidus et près de 100 % des parties comestibles. La variabilité relative des rendements des céréales et des résidus dans le temps n'est pas bien connue. La variabilité du rendement des parties comestibles est moindre que celle de la production totale des résidus. Les résultats consécutifs à l'effet de l'utilisation des résidus pour l'élevage peuvent être très variables.

En principe, la traction animale devrait améliorer le niveau

et la stabilité des rendements agricoles et leur maintien dans le temps. Les observations empiriques faites sur l'usage effectif de la culture attelée par les agriculteurs sont souvent divergentes mais tendent néanmoins à indiquer une utilisation visant à augmenter les surfaces cultivées plutôt que les rendements. Si tel est le cas, cela entraîne probablement une diminution de la stabilité de la production dans le temps du fait de la réduction des périodes de jachère. Les enquêtes réalisées chez les paysans montrent que l'apport de fumure augmente, comme prévu, les rendements des cultures. Cependant pour qu'un système dépendant de la seule fumure soit viable du point de vue de l'apport de substances nutritives aux plantes, ces mêmes éléments fertilisants devront être transférés des zones de pâturages aux terres cultivées. Il faut de 2 à 47 ha de pâturages par ha cultivé et par an selon les rendements en céréales et en herbes et le système de fumure utilisé. Pendant les années de bonne récolte, les paysans investissent souvent leurs bénéfices dans l'élevage et vendent leurs animaux lors des mauvaises années afin d'acheter des aliments pour eux-mêmes et leurs familles et stabiliser ainsi leur niveau de consommation.

\* International Livestock Centre for Africa, ILCA, Addis Ababa, Ethiopia.

## The Value of Crop Residues for Water Conservation

R.I. Papendick and J.F. Parr\*

### Abstract

Crop residues have long been recognized as an important resource for water conservation in dryland agriculture. Unfortunately, farmers in many areas are not aware of this potential benefit and as a result do not manage residues for this purpose. Instead, after harvest the crop residues may be buried by tillage or completely removed for alternative uses such as animal feed, fuel, or building materials. Without adequate surface cover during critical wet periods, runoff and evaporation may be increased causing severe deficits in available water for the subsequent crop.

The value of crop residues for water conservation depends on several factors including the quantity, type, and placement of residues, potential evaporation, length of fallow, precipitation characteristics, tillage practices, and soil type. Studies in dryland areas of the USA show that 1000 kg ha<sup>-1</sup> of grain residues left on the surface during fallow is worth up to 85 kg of wheat in terms of water conserved for the next crop. Sorghum yield increases from water conserved by residues were considerably higher. Residues are most effective for water conservation during the rainy season. After rains cease, evaporation losses from residue-covered soil can exceed those from bare soil. This effect is most pronounced with fine-textured and untilled soils. During extended dry periods residues may provide little direct benefit for water conservation.

Process-oriented soil-residue models are available for evaluating the effectiveness of residues for conserving water over a wide range of climatic conditions, and soil and crop management practices. While these models have manageable input requirements, some basic field experiments will be needed for validation. Future application of soil water-residue studies should give high priority to optimizing the use of residues in an integrated crop/livestock farming system.

### Résumé

Valeur des résidus des cultures pour la conservation de l'eau : L'importance des résidus des cultures pour la conservation de l'eau en zone d'agriculture pluviale est reconnue depuis longtemps. Malheureusement, les paysans dans maintes régions n'ont pas pris conscience de ce parti qu'ils pourraient tirer des résidus et ne les gèrent pas en conséquence. Au contraire, après la récolte, les résidus sont souvent enfouis par labour ou enlevés pour être utilisés comme fourrage, combustible ou matériau de construction. Si la surface du sol n'est pas suffisamment recouverte pendant les périodes critiques des

pluies, le ruissellement et l'évaporation peuvent s'accroître et provoquer de graves déficits en eau disponible pour la culture suivante.

La valeur des résidus des cultures pour la conservation de l'eau dépend de multiples facteurs et, notamment, de la quantité, du type et de l'emplacement des résidus. de l'évaporation potentielle ainsi que de la durée de la jachère, des caractéristiques des précipitations, des pratiques de labour et des types de sols. Des études en zone d'agriculture pluviale aux USA ont montré que l'eau conservée pour la culture suivante par  $1000 \text{ kg ha}^{-1}$  de résidus laissés à la surface permet de produire 85 kg supplémentaires de blé. Les augmentations de rendement obtenues sur le sorgho à partir de l'eau conservée par les résidus sont encore bien plus élevées. L'efficacité des résidus en tant que moyen de conservation de l'eau est plus grande en saison des pluies. Lorsque les pluies cessent, les pertes dues à l'évaporation sur les sols couverts de résidus peuvent dépasser celles des sols nus. Cet effet est plus marqué sur les sols non labourés à texture fine. En cas de sécheresse prolongée, les résidus peuvent n'entraîner que peu d'effets directement profitables à la conservation de l'eau.

Il existe des modèles déterministes sols/résidus permettant d'évaluer l'efficacité des résidus pour la conservation de l'eau dans une grande diversité de conditions climatiques et de techniques d'aménagement des sols et des cultures. Même si ces modèles n'exigent pas un trop grand nombre d'intrants, des expériences devront être organisées sur le terrain pour les valider. Les études réalisées à l'avenir sur les applications des résidus pour la conservation de l'eau devraient en priorité viser à optimiser l'utilisation de ces résidus dans un système de production intégrant l'élevage et l'agriculture.

\* Soil scientists and research leaders, USDA-ARS, Pullman, Washington, USA; USDA-ARS, Beltsville, Maryland, USA.

## Utilisation des phosphates naturels dans les zones de faible pluviosité

K. Bitchibaly\*

### Résumé

Les sols maliens ont une carence généralisée en phosphate qui pourrait être au moins partiellement corrigée par l'application du phosphate naturel de Tilemsi. Ce phosphate donne des résultats corrects comparés au triple superphosphate ; de bons résultats ont été obtenus sur du mil, du sorgho et du maïs dans les zones à pluviosité >800 mm. Les essais conduits, dans les zones de faible pluviosité, testant différentes doses et méthodes d'application, ont montré que seuls les apports de phosphate soluble permettaient d'obtenir des rendements maximum. Cependant l'utilisation des phosphates naturels dans ces zones a une effet bénéfique notable sur l'augmentation des rendements de céréales. La dose vulgarisée est de 300 kg ha<sup>-1</sup>. La réponse des cultures n'étant pas immédiate en première année, on préconise l'utilisation conjointe de phosphate soluble apporté en complément à la fumure de fond en phosphate naturel. Un ensemble de mesures sont nécessaires en parallèle pour assurer une augmentation durable des rendements des cultures.

### Abstract

**Use of natural phosphate in low rainfall zones:** Malian soils in general have a phosphate deficiency that could be corrected at least partly by applying natural phosphates from Tilemsi. This phosphate compares well with triple superphosphate and has generated good results on millet, sorghum and maize in areas with rainfall >800 mm per annum. Trials conducted with various rates and methods of application in very low rainfall areas indicate that soluble phosphate is most effective. Using natural phosphate however helps increase cereal yields. Extension services recommend 300 kg ha<sup>-1</sup>. Since crop response was not fully evident the first year the farmers were advised to use soluble phosphate together with base application of natural phosphate. Several measures will have to be adopted simultaneously in order to sustain higher yields.

\* Institut d'Economie Rurale, Bamako, Mali.

## **Agroforestry in the Semi-Arid Tropics: Strategies and Research Needs**

R. J. Van Den Beldt\*

### **Abstract**

Much information has been generated about agroforestry in the semi-arid tropics (SAT) through development and research efforts as well as observation of traditional systems. Preliminary analyses of these data suggest that agroforestry can play a significant part in increasing the stability and production of SAT farming systems. Major agroforestry systems in SAT are presented emphasizing agroenvironmental niches and competitive effects between crops and trees. Future research needs, particularly the need to study - and lessen - these competitive effects are listed. The importance of avoiding the site-specificity of adaptive research through a multidisciplinary, networking approach, particularly in West Africa, is discussed.

### **Résumé**

**L'agroforesterie dans les zones tropicales semi-arides; stratégies et besoins de recherche :** Les activités liées au développement et à la recherche ainsi que l'observation des systèmes traditionnels ont permis de recueillir toute une série d'informations sur l'agroforesterie dans les zones tropicales semi-arides (ISA). L'analyse préliminaire de ces données montre que l'agroforesterie joue un rôle significatif dans l'agriculture des ISA, par exemple en augmentant la stabilité et la productivité des systèmes de production de ces zones comme suggéré dans cet article. Une description des systèmes agroforestiers les plus importants des ISA avec leurs niches agro-écologiques et une analyse des effets de la concurrence entre les cultures et les arbres sont suivies d'une énumération des besoins futurs de la recherche et notamment d'études sur les effets de cette concurrence et les moyens de les atténuer. Une approche multidisciplinaire fondée sur un réseau, notamment pour l'Afrique de l'Ouest, devrait permettre d'éviter une localisation trop étroite des activités de recherches dites d'adaptation.

\* Principal Agronomist, Resource Management Program, ICRISAT, India.

# Réponse des cultures aux engrais et influence des facteurs agroécologiques sur les rendements dans la zone soudano-sahélienne

C. Joly\*

## Résumé

Les résultats du Programme Engrais de la FAO dans la zone soudano-sahélienne montrent que dans l'ensemble des pratiques culturales améliorées, la fumure - organique et minérale - est de loin le facteur le plus déterminant de l'augmentation des rendements. Une tentative d'estimation de l'influence des facteurs agroécologiques sur la réponse des cultures aux engrais fait ressortir l'importance de facteurs tels que : types de sols, zones agroécologiques et variations climatiques annuelles. L'influence entre l'utilisation des engrais et les facteurs humains tels que le niveau de technicité des agriculteurs et leur environnement économique est aussi mise en évidence. En conclusion, la fumure devrait jouer un rôle déterminant dans l'intensification des cultures, mais elle doit être placée dans le contexte plus large des systèmes intégrés de la nutrition des plantes. Enfin, le document rappelle que pour être efficaces, les stratégies de l'utilisation des engrais doivent être conçues à différents niveaux : exploitations agricoles, régions, zones homogènes et pays.

## Abstract

**Crop response to fertilizers and influence of agroecological factors on crop yields in the Sudano-Sahelian zone:** Results of the FAO Fertilizer Program in the Sudano-Sahelian zone for a large part show that among the improved agricultural practices, manuring, both organic and mineral, is by far the most important for obtaining yield increases. An attempt to assess the effects of agroecological components on crop response to fertilizer applications highlights the role of factors such as: soil types, agroecological characteristics, and seasonal climatic variations. Attention is given to the influence of human factors, such as the technical level of farmers, and the relationship between the economic environment and the use of fertilizers. In conclusion, it is felt that fertilizer use is important in agriculture intensification, and that manuring should be seen in the broader context of integrated plant nutrition systems. Finally it is stated that to be effective, fertilizer use strategies should be defined at different levels: the farm, the region, the agroecological zone and the country as a whole.

\* Coordonnateur pour l'Afrique du Programme Engrais FAO, Kinshasa, Zaïre.



## Causes and Effects of Acidity in Sahelian Soils

L.P. Wilding and L.R. Hossner\*

### Abstract

Extensive areas of the Sahel are occupied by sandy acid soils with low buffering capacities and low activity clay systems. This is in marked contrast to most soils of North America developed under semi-arid conditions. Acidity in these soils is believed to be a multifacet consequence of parent sands derived from acid Continental Terminal deposits, more strongly leaching and wetter paleoclimate and contemporaneous leaching and base-cycling processes. Acidity in these soils negatively impacts land use, soil physical and chemical properties, plant and crop diversification, and perturbs the balance of pastoral and agrarian agriculture of the region. Finally, it makes agronomic research difficult because random variability within plot treatments often exceeds systematic variability due to treatments. This is a significant problem worthy of continued efforts to determine the scale, magnitude, and extent of spatial soil variability directly or indirectly due to soil acidity.

### Résumé

**Causes et effets de l'acidité des sols sahéliens :** De vastes zones sahéliennes sont caractérisées par des sols sableux acides ayant de faibles pouvoirs tampon et des systèmes argileux d'activité réduite. Cette situation est en contraste avec celle de la plupart des sols soumis aux mêmes conditions de semi-aridité en Amérique du Nord. Dans le cas du Sahel, on pense généralement que l'acidité est l'une des multiples conséquences de sables d'origine déposés par le continental terminal, de paléoclimats plus humides et plus lessivants et de processus contemporains de lessivage et d'échange des bases. Elle a un effet négatif sur l'utilisation et les propriétés physico-chimiques des sols, la diversification des plantes et des cultures et les rendements. De plus, l'acidité accentue le processus de désertification et est préjudiciable à l'équilibre existant entre les systèmes pastoraux et agricoles de la région. Enfin, elle gêne la recherche agronomique du fait que la variabilité aléatoire entre traitements appliqués sur les parcelles est souvent plus grande que la variabilité systématique due aux traitements eux-mêmes. C'est là un problème important dont l'étude mérite d'être poursuivie en vue de déterminer l'échelle, l'ordre de grandeur et la mesure dans laquelle la variabilité spatiale des sols est due, directement ou indirectement, à l'acidité de ces sols.

\* Texas A&M University, Tropsoils, College Station, Texas, USA.

## A Study of Crop Growth Variability in Sandy Sahelian Soils

R.G. Chase, J. Wendt and L.R. Hossner\*

### Abstract

Marked spatial variability in crop growth over short distances in sandy Sahelian soils (psammentic Palenstalf, sandy siliceous, isohyperthermic) causes yield reductions within a farmer's field and complicates analyzing results from field experiments. Planting millet in a field for two consecutive years indicated that the location of the centers of poor soil do not move perceptibly between years, and that crops are more affected in bad years than in good years.

Relating plant height to soil physical and chemical properties at 101 points on two transects showed high correlations with soil acidity and other properties. Data taken from a 20 mi area supported this finding. Analysis of surface soil samples and profiles taken along a transect between areas of good and poor crop growth show that acidity decreases and bases increase as the good area is approached, and that good areas have low-acidity (<50% Al + H saturation) soils down to 35 cm depths while poor soils are acid on the surface (<5 cm).

Pot studies and subsequent plant analysis of 4-6 week old seedlings showed high Al (>1400 ppm) and Mn (>1600 ppm) levels in plants grown in poor soils. Al tissue contents of >600 ppm were consistently associated with poor plant growth. Liming poor soils two weeks before planting reduced tissue Mn but did not reduce tissue Al or improve plant growth. In sum plants grown in good soils respond far more strongly to fertilizer applications than plants grown on poor soils.

### Résumé

**Variabilité spatiale des cultures des sols sahéliens :** Une forte variabilité spatiale de la croissance des cultures sur de petites distances dans les régions sahéliennes de sols sableux (psammentic Palenstalf, sables, silices, isohyperthermique) diminue les rendements des cultures et complique l'analyse des résultats découlant des expériences menées par les chercheurs. Des semis de mil pendant deux années consécutives dans un même champ ont indiqué : l'absence d'un déplacement perceptible des poches de sols médiocres d'une année à l'autre, et l'aggravation du préjudice porté aux cultures pendant les mauvaises années par rapport aux bonnes années.

La mise en relations de la hauteur des plantes et des propriétés physico-chimiques du sol le long de deux transects a montré une forte corrélation entre l'acidité du sol et les propriétés y afférentes. Les données recueillies dans un rayon de 30 km ont corroboré cette constatation. L'analyse des

échantillons et des profils des sols en surface suivant une ligne transversale séparant les zones de bonne et médiocre croissance montre : une diminution de l'acidité et une augmentation des bases à mesure que l'on se rapproche de la zone où la croissance est bonne, et une faible acidité des bons sols (<50% Al + saturation H) jusqu'à une profondeur de 35 cm tandis que les sols pauvres sont acides en surface (<5 cm).

Des études en pot et l'analyse des plantules âgées de quatre à six semaines ont montré que les plantes cultivées sur sols médiocres étaient caractérisées par des teneurs élevées en Al (>1400 ppm) et en N (>1600 ppm) et de croissance faible. D'une façon générale, la réponse des plantes aux engrais est de loin supérieure en sols riches qu'en sols pauvres. On a mis en évidence un effet positif de la chaux sur la diminution en N, mais non en Al.

\* SECID Farming Systems Project, Bamako, Mali; Purdue University, Lafayette, Indiana, USA; Texas A&M University, Tropicsoils, College Station, Texas, USA.

## Soil Spatial Variability and Methods of Analysis

D.J. Mulla\*

### Abstract

Soil properties usually vary with distance according to a pattern. The nature and pattern of spatial variability must be determined in order to efficiently manage the soil. Geostatistical techniques are discussed for optimal design of sampling schemes in spatially variable soils. Use of efficient sampling patterns optimizes labor and equipment demands, while facilitating quantitative understanding of the nature and pattern of variability. A very good linear unbiased estimator technique known as kriging can be used to produce survey maps of spatially variable soil patterns involving a minimum number of field samples. Kriging and cokriging methods for describing and mapping spatially variable soil phosphorus and potassium are illustrated. Cokriging is a method for data interpolation which facilitates field sampling and spatial modeling. The geostatistical methods can be used to improve management decisions regarding other soil or crop properties including soil salinity, soil alkalinity, aluminium toxicity, plant available water, or crop yield.

### Résumé

**Variabilité spatiale des sols et méthodes d'analyse :** Les propriétés du sol varient habituellement en fonction de la distance et non aléatoirement. Il est donc essentiel de déterminer la nature et le modèle de variabilité pour un bon aménagement des sols. Les techniques géostatistiques sont étudiées en vue d'obtenir une structure optimale d'échantillons de la variabilité spatiale des sols. Les meilleures structures sont celles qui optimisent main-d'oeuvre et matériel requis tout en facilitant une connaissance quantitative de la nature et du modèle de variabilité. La meilleure technique objective d'évaluation linéaire utilisable est celle de Krig, qui permet de dresser des cartes de variabilité spatiale décrivant les propriétés du sol à partir d'un minimum d'échantillons prélevés sur le terrain. Le kriging et sa technique associée, le cokriging qui permettent de décrire et cartographier la variabilité spatiale du phosphore et du potassium dans le sol sont expliqués. C'est une méthode d'interpolation des données qui permet de réduire le nombre d'échantillons à prélever sur le terrain et d'améliorer les modèles de variabilité spatiale. Les méthodes géostatistiques peuvent être utilisées pour améliorer les décisions visant à contrôler en matière d'aménagement d'autres propriétés des cultures et des sols telles que la salinité et l'alcalinité des sols ou la toxicité de l'aluminium, l'eau disponible pour la plante ou le rendement des cultures.

\* Assistant Professor of Soils, Department of Agronomy and Soils, Washington State University, Pullman, Washington, USA.

**Technical Session IV**  
**Cropping Systems and Cultural Practices**

**Session technique IV**  
**Systèmes des cultures céréalières et pratiques culturales**

## Potential for Response Farming in Sub-Saharan Africa

J.I. Stewart\*

### Abstract

An analysis of 1954 to 1983 rainfall at Niamey, Niger, shows that both rainfall amount and rainy period duration in the monsoon are significantly correlated with the date of onset, as defined by the writer for crop production purposes. The correlations justify splitting the rainfall history into two records, one representing "early onset" seasons (12 years) and the other "late onset" seasons (18 years). The two groupings differ in three essential features as follows: median rainfall amount in early seasons is 602 mm vs 400 mm in late seasons, median duration of early seasons is 113 days vs 83 days for late seasons, average rainfall per day within early seasons is 5.3 mm vs 4.7 mm in late seasons. Generalized farm level recommendations for early vs late seasons are based on the above findings and on a flexible strategy which calls for adjusting the key variables of plant population and fertilizer application rate according to actual rainfall amount in the early season e.g., the first 30 days after onset. The principal conclusion is that considerable potential exists for development and application of response farming in sub-Saharan Africa.

### Résumé

**Potentiel de la culture réactive en zones sahélienne :** L'analyse des données pluviométriques recueillies à Niamey de 1954 à 1983 fait apparaître une corrélation significative entre hauteur et durée totales des précipitations d'une part, et date du début des pluies d'autre part, définie par l'auteur en fonction des objectifs de production agricole. Cette corrélation a permis de distinguer deux catégories de saison des pluies dont l'une est à début précoce (12 années) et l'autre à début tardif (18 années). Elles diffèrent par les trois caractéristiques essentielles suivantes : la hauteur médiane des précipitations en saison précoce atteint 602 mm et, en saison tardive, 400 mm ; la durée médiane des saisons précoces est de 113 jours et celle des saisons tardives de 83 jours ; enfin, la moyenne quotidienne des précipitations est de 5,3 mm pour les saisons précoces et de 4,7 mm pour les saisons tardives. Les recommandations adressées aux agriculteurs selon que les pluies sont précoces ou tardives se fondent sur les résultats de cette analyse et sur une stratégie permettant d'adapter les variables essentielles que sont la densité de plantation et le taux d'application des engrais à la quantité totale des précipitations enregistrées en début de saison, par exemple pendant 30 jours à compter de la date du début des pluies. On peut en conclure que l'avenir est prometteur pour la culture réactive en Afrique au sud du Sahara.

\* President, WHARF (World Hunger Alleviation through Response Farming), Davis, California, USA.

## Crop Response to Tillage Practices in a Sahelian Soil

M.C. Klaij and W.B. Hoogmoed\*

### Abstract

During the last 25 years in Niger, the millet cultivated area has doubled, while yields have declined, indicating that farmers must have expanded production onto more marginal areas. The three key constraints to a vital increase in yields are low fertility, limited and untimely cultural practices, and frequent droughts. The paper describes the physical environment of the ICRISAT Sahelian Center, research on tillage and the use of alternative soil and crop management practices to parry serious crop establishment problems associated with wind-erodible sandy soils, crop water use and efficiency, and pearl millet yields. The results of two years of experimentation, (one very dry, and one nearly average year) show a positive interaction between presowing cultivation and other inputs such as fertilizers and crop residues for better crop establishment, yields and water use efficiency. The use of crop residue increased the organic matter content of the soil. Ridging seems most promising as a wind-erosion control measure, requires less energy than plowing and can be performed efficiently using animal power.

### Résumés

**Réponses des cultures aux techniques de labour dans les sols sahéliens :** Ces 25 dernières années au Niger, la surface emblavée en mil a doublé, tandis que les rendements ont décliné. Cela signifie que des terres de plus en plus marginalisées sont utilisées. Trois des principaux obstacles à l'augmentation des rendements sont la pauvreté des sols, les pratiques agricoles réduites et mal programmées, et la sécheresse. On décrit l'environnement physique au Centre Sahélien de l'ICRISAT, la recherche sur le travail du sol et enfin, l'emploi de pratiques différentes de gestion du sol et des cultures pour pallier les difficultés de l'établissement des cultures associées aux sables transportés par le vent, la consommation de l'eau par les cultures et son efficacité et les rendements de mil. Des résultats de deux années d'expérimentation (une année très sèche et une année quasi normale) montrent une interaction positive entre la préparation du sol avant semis et d'autres intrants comme les engrais, les résidus de récolte pour les rendements et une efficacité de l'utilisation de l'eau. L'emploi des résidus de récolte augmente le contenu en matière organique du sol. Le billonnage apparaît très prometteur pour un meilleur contrôle de l'érosion éolienne, il requiert moins de travail que le charruage et peut être réalisé efficacement au moyen de la traction animale.

\* Principal Soil and Water Engineer, ICRISAT, Niamey, Niger; Tillage Specialist, Tillage Laboratory, Agricultural University of Wageningen, Wageningen, Netherlands.

## Recent Developments in Millet/Cowpea Cropping Systems for Low Rainfall Areas of the Sudano-Sahelian Zone of West Africa

B. N'Tare, P.G. Serafini and L.K. Fussell\*

### Abstract

Millet (Pennisetum americanum L.) and cowpea (Vigna unguiculata L.) are two of the predominant food crops in the Sudano-Sahelian Zone of West Africa (SSZWA); millet occupies 13 million ha and cowpea 6 million ha. The crops are generally grown in a mixture of one or more species. Cowpeas are frequently grown as an intercrop with millet. In the last twenty years, millet grain production in West Africa has only increased by 1%. Cowpea production has remained static in most but not all countries of the region e.g., Niger where it has doubled. Crop production increases in the region have primarily come from expanding cultivation to more marginal lands. This has contributed to West Africa's distinctively slow growth rate for total food production. Nonetheless, the low and relatively stable production levels of the millet/cowpea system have been one of the principal sources of sustenance for farmers and their families in the drier regions of the SSZWA.

### Résumé

**Aménagements récents des systèmes de culture mil/niébé dans les régions de faible pluviosité de la zone soudano-sahélienne :** Le mil (Pennisetum americanum L.) et le niébé (Vigna unguiculata L.) sont deux cultures vivrières importantes de la zone soudano-sahélienne. Le mil, occupant une superficie de 13 millions d'hectares en Afrique de l'Ouest, comme le niébé qui s'étend sur 6 millions d'hectares, sont rarement cultivés en monoculture. En général, ils sont associés à une ou plusieurs autres espèces par ex. niébé/mil. Au cours des 20 dernières années, la production du mil en Afrique de l'Ouest ne s'est accrue que de 1% et celle du niébé a stagné dans la plupart des pays de la région. Une exception notable est celle du Niger dont la production du niébé a augmenté de 100%. Les augmentations de production agricole dans la région sont essentiellement dues à une extension des superficies cultivées dont une grande partie était constituée de terres de culture marginales. Cette situation a contribué à ce que l'Afrique de l'Ouest ait un taux de croissance exceptionnellement lent quant à la production vivrière totale. Les faibles niveaux de production relativement stables du système mil/niébé ont néanmoins constitué l'une des sources principales de l'alimentation des paysans et de leurs familles dans les régions les plus sèches de la zone Soudano-Sahélienne.

\* Principal Cowpea Agronomist, IITA; Farm Manager, Principal Agronomist, ISC, Niamey, Niger.



## **Design and Evaluation of Alternative Production Systems: Millet/Maize and Cereal/Groundnut Systems in Mali**

S.V.R. Shetty\*

### **Abstract**

The paper summarizes recent experiences in the design and evaluation of improved sorghum and millet based systems involving commercial crops such as groundnut and maize. The two major production systems studied in Mali - millet/maize and cereal/groundnut - are described in relation to their response to such key agronomic factors as variety, density and geometry, date of planting and harvest and added fertility. The package of technology for the millet/maize system includes planting maize at a recommended density and fertility, and sowing millet when maize attains the 3 to 4 leaf stage. Results from on-farm testing of this improved system are also highlighted. Studies on the design and evaluation of cereal/groundnut systems indicated about 50% intercropping advantage. It was observed that to obtain normal groundnut yields higher densities of groundnuts had to be planted with crop stands of cereals. One row of cereal to four rows of groundnuts and delayed planting of cereal provided groundnuts competition-free early growth. It is recommended that because of poor adoption of sole crop technology, studies on possible ways to incorporate sorghum and millet into the existing production systems based on cash crops should be pursued. The need for the development and introduction of management responsive cereal cultivars into the more potential areas of the Sahelo-Sudanian zone is also emphasized.

### **Résumé**

**Conception et évaluation de systèmes de production alternatifs mil/maïs et céréales/arachide au Mali :** Cet article fait brièvement rapport des expériences récemment menées sur la conception et l'évaluation de ces systèmes traditionnels améliorés par l'adjonction de cultures de rente telles l'arachide et le maïs. Les deux systèmes de production les plus importants au Mali - mil/maïs et céréales/arachide - sont examinés par rapport à leur réponse à des facteurs agronomiques essentiels, tels la variété, la densité et la géométrie des cultures, les dates de semis et de récolte, ainsi que le complément de fertilité. La technologie recommande pour le système mil/maïs, de semer le maïs aux densités et dans les conditions de fertilité indiquées et de semer le mil lorsque le maïs atteint le stade 3 à 4 feuilles. L'accent est aussi mis sur les résultats obtenus par ce système amélioré dans le champ même des paysans.

Des études réalisées sur l'évaluation des systèmes associant céréales et arachide ont montré que leur adoption entraînait un gain de 50%. Un rendement normal en arachide dans l'association céréalière sera possible si l'on accroît la densité de semis de la légumineuse. Le type de semis consistant en un rang de céréales pour quatre rangs d'arachide permet une croissance

arachidière précoce sans concurrence. La méfiance vis-à-vis de la monoculture incite à étudier les modalités d'incorporer le sorgho et le mil dans les systèmes de production des cultures de rente. L'accent est mis sur la nécessité de mettre au point et d'introduire des cultivars de céréales adaptables aux techniques d'aménagement dans les régions à plus fortes potentialités de la zone soudano-sahélienne.

\* Principal agronomist, ICRISAT, Bamako, Mali.

## Effect of Management Level, Crop Residue Management and Tied Ridging on Maize Growth and Yield

M.S. Rodriguez\*

### Abstract

The effect of residue management levels and intensities on maize growth and yield in the Sudan Savanna Zone was studied using two varieties and two ridging systems. In management technique trials residue was removed, retained, or increased (even doubled). Soil preparation was by traditional hand hoeing. Only when crop residues were present did intensive management techniques generate significant yield increases. Residue application of 3000 kg ha<sup>-1</sup> or less had no effect on yield (except under tied ridges in 1983), but the application of 3400 to 4000 kg ha<sup>-1</sup> consistently resulted in large yield increases. Higher amounts of residue (5000 to 8000 kg ha<sup>-1</sup>) generally produced much larger numbers of somewhat bigger grain. There was a substantial yield response to tied ridges under both management intensities and all residue management levels. The local Kamboinse cv gave yields similar to the improved cv IZE-3 in 1979-1980, but produced lower yields in 1981.

### Résumé

**Influence du niveau de fertilité du sol: méthodes d'aménagement des résidus des cultures et effets du billonnage cloisonné sur les rendements de maïs :** Cette étude a porté sur l'évaluation des effets de deux niveaux d'intensité d'aménagement des sols et de trois niveaux de gestion des résidus sur la croissance et les rendements du maïs en zone de savanne soudanienne. Les interventions de gestion sur les résidus ont consisté à leur enlèvement, les laisser sur place, en doubler ou en accroître les quantités. Le sol était préparé par la méthode traditionnelle à la houe. Les augmentations de rendements n'ont été notables qu'en présence de résidus et dans le cas d'un aménagement intensif des sols. L'application de résidus à raison de 3000 kg ha<sup>-1</sup> ou moins n'a pas eu d'effet sur le rendement (sauf dans le cas des billonnages cloisonnés en 1983) mais l'apport de 3400 à 4000 kg ha<sup>-1</sup> a toujours abouti à de fortes augmentations du rendement. L'application de 5000 à 8000 kg ha<sup>-1</sup> s'est généralement traduit par un fort accroissement du nombre des grains et une faible augmentation de la taille. Le billonnage cloisonné a permis d'obtenir de bons résultats sur le rendement dans le cas des deux niveaux d'intensité d'aménagement du sol et à tous les niveaux de gestion des résidus. Le cultivar local Kamboinsé a donné des rendements similaires à ceux du cv amélioré IZE-3 en 1979-1980 mais moindres en 1981.

\* Maize Agronomist, IITA/SAFGRAD, Ouagadougou, Burkina Faso.

## Weed Management in Improved Rainfed Cropping Systems of Semi-Arid India

M.R. Rao, S.V.R. Shetty, S.L.N. Reddy and M.M. Sharma\*

### Abstract

In the semi-arid tropics (SAT) weeds compete severely with crop plants for limited resources of moisture and nutrients. Weed problems differ with crops, soils, and climate. Yield losses in rainfed crops varied from 30 to 80% depending on the severity of infestation. The potential benefits of new technologies will not be realized unless appropriate weed management practices are adopted. Weeds in SAT are controlled by handweeding and mechanical interrow cultivation; herbicides are rarely used. Research efforts in recent years have been mostly to improve the efficiency of these traditional methods by developing improved hand tools and animal-drawn equipment. Some improved cropping systems posed new weed problems that could not be handled by the conventional methods. Double cropping of vertisols by adopting broadbed and furrow systems, dry seeding of crops ahead of rains and fertilization encouraged greater weed growth than the traditional single season cropping. Improved sorghum genotypes were frequently attacked by Striga. Preemergence herbicides were helpful to provide early weed control on vertisols where the scope for timely hand weeding or intercultures in the rainy season is uncertain. Integrated weed control is suggested combining interculturing, judicious herbicide use, good agronomic practices and minimum hand weeding for intra-row weed control. Low canopy smother crops such as cowpea could be utilized to substitute preemergence herbicide or one hand weeding. Deep plowing in summer months reduced the infestation of certain perennials but control with systemic herbicides (e.g., glyphosate) seemed to be most effective. On-farm evaluation of prospective weed management practices should be an integral part of technology development. Some of the weed management principles and methods employed in SAT India may have relevance to the Sudano-Sahelian zone.

### Résumé

**Contrôle des mauvaises herbes dans les systèmes améliorés d'agriculture pluviale des régions semi-arides de l'Inde :** Dans les tropiques semi-arides (ISA) les mauvaises herbes entrent en sévère concurrence avec les cultures pour l'humidité et les éléments nutritifs déjà limités. Les problèmes varient selon les cultures, les sols et les climats. Les pertes de rendement des cultures pluviales varient de 30 à 80 % en fonction du degré d'infestation. Seule l'adoption de pratiques de désherbage appropriées permettra de tirer parti des avantages potentiels des nouvelles technologies. Le désherbage est effectué manuellement et mécaniquement entre les rangs; les herbicides sont rarement utilisés. Les recherches des dernières années ont surtout porté sur l'amélioration de l'efficacité de ces méthodes traditionnelles par le perfectionnement des outils agraires et du

matériel de traction animale. Certains systèmes de culture améliorés ont fait apparaître de nouvelles difficultés empêchant l'utilisation des méthodes conventionnelles pour le désherbage. Ainsi, les pratiques telles que les cultures séquentielles par saison sur les vertisols résultant de l'adoption des lits de semis larges et des sillons, les semis effectués à sec avant les pluies et l'épandage d'engrais ont favorisé un développement des mauvaises herbes plus important qu'il n'était dans le cas d'une seule période de culture par saison. En outre, les génotypes améliorés du sorgho sont souvent infectés par le Striga. L'application d'herbicides avant la levée s'est avérée utile pour un contrôle précoce sur les vertisols pour lesquels il est difficile de prévoir la meilleure période d'arrachage ou de travail mécanique entre rangs en saison des pluies. Un contrôle intégré pourrait combiner culture intercalaire, utilisation judicieuse des herbicides et bonnes pratiques agronomiques complétées par un arrachage minime pour désherber entre les rangs. L'usage en intercalaire de plantes touffues et prostrées comme le niébé pourrait remplacer l'application d'herbicides avant la levée ou un sarclage. Le labour profond, pratiqué en été, réduit l'infestation de certaines herbes vivaces mais l'application d'herbicides systémiques (par exemple, le glyphosate) semble être très efficace. L'étude prospective des pratiques de désherbage dans le champ du paysan devrait faire partie intégrante du processus de développement des technologies. Certains des principes et des méthodes de désherbage employés dans les tropiques semi-arides en Inde pourraient être applicables à la zone soudano-sahélienne.

\* Sorghum Agronomist, IITA/IPA/USAID, Maroua, Cameroun; Agronomist, ICRISAT, Mali; Agronomists, ICRISAT, India.

# Le système d'aménagement des sol, de l'eau et des cultures pour l'agriculture pluviale: l'expérience burkinabè

S. Sori\*

## Résumé

La dégradation de l'environnement s'est accrue depuis la fin des années soixante. Au Burkina Faso, trois éléments expliquent l'accélération du phénomène de dégradation : croissance démographique, augmentation du cheptel, introduction de certains moyens de travail pour la modernisation de l'agriculture par exemple, la culture attelée. Le problème a été perçu et la lutte pour l'endiguer est caractéristique aux trois grandes régions du pays: l'extrême nord, à climat sahélien, la lutte contre l'érosion éolienne se fait par la construction des diguettes dans les bas-fonds, introduction de plantes fourragères, cultures enherbées. Au centre où la densité rurale est très élevée, la lutte se fait par des travaux de construction des sites antiérosifs avec la participation de la population. A l'ouest où le phénomène est moindre, la lutte se fait par le reboisement, la création des zones de pâturage et la vulgarisation des techniques largement utilisées dans les deux autres régions. La restauration et la fertilisation des sols font appel à l'utilisation de nos ressources naturelles (phosphate). Comme perspective on retiendra une coordination des actions des différents intervenants dans le domaine de lutte contre l'érosion, un inventaire de l'état de connaissance des sols du Burkina Faso, la formation des vulgarisateurs et producteurs.

## Abstract

**Soil water and crop management of rainfed agriculture in Burkina Faso:** Environmental degradation has become a serious problem since the end of the 1960s essentially for three reasons: population increase, larger herds, modernized agricultural production systems including draught farming. Efforts to stem land degradation have been adapted to three main regions of the country as follows: in the north (Sahelian climate) wind erosion is being harnessed by constructing small dikes in the valley bottoms, introducing fodder plants and grass cover. In the center where population density is highest the local villages have helped build erosion stops. In the west, the least affected region, efforts include reafforestation, the creation of rangelands, and the extension of techniques often used in the other two regions. In soil fertility and restoration programs, natural resources such as phosphate are used. In the future attention will be given to the coordination of erosion control efforts, an inventory of local soils, and training for extension workers and farmers.

\* Bureau National des Sols, Ouagadougou, Burkina Faso.

# Farming System Practices with Particular Reference to Sorghum and Millet Production in the Sudano-Sahelian Zone

T. Bezuneh\*

## Abstract

This paper reviews the prevailing cropping systems and prominent features of indigenous soil-water conservation practices in West Africa Semi-Arid Tropics (WASAT) where about 80% of the cultivated land is under mixed cropping or crop associations. The most limiting factors in cereal/legume mixed cropping and monoculture are essentially soil moisture and fertility. Low-input combinations of technologies for the conservation of both soil and water and for restoring the fertility should be evaluated e.g., tied ridges, tillage practices, cereal/legume crop associations, relay cropping systems, agroforestry and the integration of livestock and crop production systems to enhance both recycling of resources and economic complementarity between and among production systems. In order to sustain staple food production particularly in the WASAT fragile ecology, the systems approach to research and production need to be pursued.

## Résumé

Pratiques de systèmes cultureux avec références particulières à la production du mil et de sorgho dans la zone soudano-sahélienne : Cet article passe en revue les systèmes de cultures et les principaux éléments des pratiques locales de conservation de l'eau et du sol dans les tropiques semi-arides de l'Afrique de l'Ouest où 80 % des sols sont cultivés en cultures mixtes ou associées. Les principaux facteurs limitant le système mixte céréales/légumineuses et la monoculture sont surtout l'humidité du sol et la fertilité. Des technologies d'intrants de faible coût pour la conservation de l'eau et du sol et pour restaurer la fertilité deviennent évoluées, on citera : le billonnage cloisonné, le travail du sol, les associations céréales/légumineuses, les systèmes cultureux séquentiels, l'agroforesterie et l'intégration de l'élevage et de l'agriculture en vue d'améliorer le recyclage des ressources et la complémentarité économique entre et parmi les systèmes de production. Pour assurer la production vivrière dans cette écologie fragile on utilisera une approche systémique de la recherche et de la production.

\* Crop Physiologist, SAFCRAD, OAU/STRC, Ouagadougou, Burkina Faso

## Résultats et priorités de la recherche pour l'amélioration de l'agriculture pluviale au Burkina Faso

L. Somé\*

### Résumé

Après une présentation des contraintes climatiques, et pédologiques rencontrées au Burkina Faso, on passe en revue les acquis de la recherche agricole nationale sur les variétés de mil, sorgho, maïs, soja et arachide, maintien et restauration des sols, amélioration du bilan hydrique. On montre ainsi qu'à Saria avec une pente de 0,7 %, le labour diminue le ruissellement de 30-35 % à 20-25 %, alors que le billonnage cloisonné l'annule. Des effets très positifs sur les rendements sont également obtenus. On donne enfin la structure des programmes de recherche de l'INERA.

### Abstract

**Results and priorities of research for improvement of rainfed agriculture in Burkina Faso:** After reviewing climate and soil problems a progress report on national agricultural research dwells on millet, sorghum, maize, soyabean and groundnut varieties, soil erosion control and soil restoration, and the improvement of the water balance. An example from Saria where sloping is 0.7% shows that plowing reduces runoff from 30-35% to 20-25% and that tied ridging may even arrest it completely. The report ends with a presentation of the priority research programs carried out at the national institute for agricultural research and studies, INERA.

\* Institut national d'études et de recherches agricoles, INERA, Ouagadougou, Burkina Faso.



## Some Tillage Effects on a Corn-Cotton Sequence in Côte-d'Ivoire

J.L. Chopart\*

### Abstract

Central Côte-d'Ivoire has bimodal rather irregular rainfall (April to June and August to October) that is often insufficient for optimum crop yields. In a field trial established in 1980 the effects of the following tillage practices were studied in corn-cotton cropping sequences: (1) manual tillage, with mulching (2) direct mechanical sowing, with mulching (3) plowing prior to corn and to cotton, (4) plowing prior to corn sowing followed by direct drilling of cotton. Comparisons have been made on water use efficiency, soil physical properties and root development, production costs and yields. The results of the study suggest the need for plowing prior to sowing corn despite the added production costs. But direct drilling of cotton can replace plowing when a cotton crop follows a corn crop. A system which combines plowing prior to corn in the first rainy season and direct drilling of cotton in the second appears to be a profitable alternative to the currently recommended practice of two plowings a year.

### Résumé

Effet du travail du sol dans une succession annuelle maïs-cotonnier en Côte-d'Ivoire : la partie centrale de la Côte-d'Ivoire comprend deux saisons de pluie, d'avril à juin et d'août à octobre. La pluviosité est irrégulière et souvent insuffisante pour obtenir des rendements optimaux. Dans un essai mis en place en 1980, les effets de différentes techniques de préparation du sol sont étudiées dans le cadre d'une double culture annuelle maïs-cotonnier : semis direct annuel avec paillage ; semis direct mécanique avec paillage ; labour avant le maïs et le cotonnier ; labour avant le maïs suivi par un semis direct du cotonnier. Les traitements sont comparés suivant différents critères : efficacité de l'eau, propriétés physiques du sol et croissance racinaire, coût de production et rendements. Les résultats de l'étude montrent la nécessité de labourer avant l'implantation de maïs malgré le coût de production plus élevé. Par contre, le semis direct peut remplacer le labour pour une culture de cotonnier qui suit le maïs, si cette culture a bénéficié d'un labour. Un système qui associe le labour avant le maïs pendant la première saison des pluies et un semis direct du coton pendant la deuxième saison de pluies paraît être une alternative intéressante à la technique actuellement recommandée d'un labour avant chaque culture.

\* Soil Physicist, IRAT-CIRAD, Bouaké, Côte-d'Ivoire.

# L'Agriculture pluviale tchadienne

C.D. Bichara\*

## Résumé

Après une revue des aspects agroclimatiques et pédologiques, on présente un inventaire des différents systèmes culturaux pratiqués au Tchad dans les zones soudanaises, sahéliennes et du Lac, entre les isohyètes 350 et 1200 mm. Le coton constitue une culture de base importante et occupait en 1964 176 000 ha ; les cultures vivrières associées ou pures recouvraient près de 1 100 000 ha. La majorité des cultures se situe en zone soudanienne (72 % de la surface totale cultivée). Suite à des sécheresses successives et graves, le gouvernement favorise actuellement les aménagements hydroagricoles et les cultures de décrue et la diffusion des semences améliorées pour arriver à une plus grande sécurité alimentaire.

## Abstract

**Rainfed agriculture in Chad:** After a brief presentation of agroclimatic and pedological considerations the paper lists cropping systems followed from the Sudanian and Sahelian zone of Chad to the Lake region, the 350 to the 1200 mm rainfall area. Cotton is an important crop that was grown on 176 000 ha in 1964; foods crops grown as sole or intercrops cover over a million ha. Most (72%) farming is done in the Sudanian zone. In response to serious successive droughts the government now promotes hydroagricultural schemes, flood recession crops and improved seed in an effort to ensure greater food security for the population.

\* Directeur national du Projet CHD 82/003 de Gassi, N'Djamena, Tchad.

## Cultures alternatives pour le Sahel

Jorge Vieira Da Silva\*

### Résumé

La majorité des plantes cultivées a été domestiquée par l'homme au paléolithique et néolithique. Depuis l'effort le plus grand d'introduction de plantes a été fait après la découverte du Nouveau-Monde et à une échelle moindre après la création des grands jardins botaniques tropicaux et du Service d'introduction de plantes aux USA. Le potentiel pour l'introduction de nouvelles cultures dans le Sahel est très grand, surtout à partir de deux origines ; le Nord du Mexique et le Kalahari et Namib. Le Nord-est du Brésil, l'Australie et l'Inde aride sont aussi des sources de cultures potentielles. Quelques plantes utiles sont décrites et une proposition est faite de création d'un Jardin botanique des zones arides, responsable de l'introduction de plantes, de la quarantaine, de la recherche de faisabilité et de la formation des chercheurs de ces zones.

### Abstract

**Alternative crops for the Sahel:** Most of the cultivated plants were domesticated by man in the paleolithic and neolithic times. Since then the biggest effort in plant introduction occurred just after the discovery of the New World and, on a more modest scale, after the creation of the Tropical Botanical Gardens and of the U.S. Plant Introduction Service. It may be well possible to introduce new crops in the Sahelian regions, especially from northern Mexico, Kalahari, and Namib. Northeast Brazil, Australia and arid India are also sources of potential crops. Some useful plants are indicated with a preposal for the creation of an Arid Zone Botanical Garden for plant introductions and quarantine, feasibility research and teaching.

\* Centre de recherche de botanique, Université Paris VII, Paris, France.

**Technical Session V**  
**Systems Modeling and Economic Considerations**

**Session technique V**  
**Systèmes de modélisation et considérations économiques**

# Modeling Agroclimatic Systems: Guidelines and Perspectives

J.L. Stainer\*

## Abstract

Agroclimatic models offer many potential benefits including reduction of site-specific field experimentation, better interpretation of climatic limitation to crop production, evaluation of risks and benefits of proposed management practices, communication of research results, and enhanced understanding of biological and physical systems. To date, model development has far exceeded validation and implementation. Crop models range from simple, statistical models through complex, process-oriented models. Data required to support development and validation of these models are quite different, as are the potential applications. Simple models require large data sets for development and cannot be transferred outside the region for which they were developed, but utilize easily available data for implementation. Development of complex models contributes to scientific understanding and offers the potential for a wide range of applications, but requires detailed information. Intermediate level models have more manageable data requirements than the complex models and offer a greater level of transferability than simpler models, so are most promising for use in developing countries. Regardless of the complexity of the model, and regardless of whether existing models are utilized or a new model is developed, a successful modeling application must be carried out as a part of a broad approach to problem solving which includes a clear statement of achievable goals, explicit statement of assumptions and hypotheses under which the project will be conducted, careful formulation of the assumption and hypotheses into mathematical-based computer code, critical evaluation of the model outputs including validation using independent data sets, and communication of results to the end user in a useful form.

## Résumé

**Modélisation des systèmes agroclimatiques : lignes directrices et perspectives:** Les modèles agroclimatiques présentent divers avantages potentiels et, entre autres, permettent de réduire l'expérimentation au champ, d'interpréter mieux les contraintes climatiques à la production, d'évaluer les risques et les avantages de pratiques d'aménagement, de mieux communiquer les résultats de recherche et d'améliorer la compréhension des systèmes biologiques et physiques. A ce jour, le développement de modèles est de loin en avance sur leur adoption et leur mise en place. La gamme va des simples modèles statistiques à ceux plus complexes, déterministes. Les données nécessaires pour développer et installer ces modèles sont bien différentes, tout comme les applications potentielles. Les modèles simples exigent beaucoup de données pour être développés et ne sont pas transférables en

dehors de la région pour laquelle ils ont été générés, par contre leur mise en place requiert des données facilement accessibles.

Le développement de modèles complexes contribue à la compréhension scientifique et offre le potentiel d'une large gamme d'applications, leur exigence en informations précises est par contre élevée. Les modèles intermédiaires ont des exigences en données plus faciles à gérer que bien des modèles complexes, leur degré de transférabilité est supérieur à celui des modèles plus simples et par là, ils sont plus prometteurs pour les pays en voie de développement.

Indépendamment de la complexité du modèle et du fait que certains modèles existants soient utilisés ou qu'un nouveau modèle soit développé, une bonne application doit être réalisée comme un maillon d'une approche large tendant à résoudre des problèmes. Cela inclut une définition claire des objectifs à atteindre, des estimations et hypothèses qui sous-tendent le projet, une formulation attentive de ces estimations et hypothèses en code mathématique pour ordinateur. On procédera à une évaluation critique des retombées du modèle en utilisant la mise en place à l'aide de données indépendantes et la communication des résultats à l'utilisateur final sous une forme exploitable.

\* Soil Scientist, USDA-ARS, Conservation and Production Research Laboratory, Bushland, Texas, USA.

## Considérations économiques et agro-écologiques pour l'adoption des technologies nouvelles par l'exploitant

Mark Krause, Maliki Kadi, Chandra Reddy,  
Robert Deusen et Issa Mahaman\*

### Résumé

Des essais en milieu réel sur l'association des cultures de mil et de niébé ont été installés par l'INRAN en 1985 dans trois régions du Niger afin d'évaluer le potentiel pour l'adoption de nouvelles technologies prometteuses mises au point en station. L'analyse des résultats de 1985 montre que le traitement comprenant une variété améliorée de mil, une densité accrue, et des épandages d'engrais, a produit dans les trois villages des rendements significativement plus élevés que le traitement témoin utilisant la technologie traditionnelle, bien qu'il ne fut économiquement rentable que dans deux des trois villages. On démontre que la profitabilité relative des nouvelles technologies est fortement influencée par les variations des prix des produits, la valorisation du travail familial, la pluviométrie et la fertilité des sols. On discute également l'effet de la haute variabilité des rendements en 1985 sur la perception des aléas. Par conséquent, ces considérations affectent la rentabilité économique des nouvelles technologies. Cependant leur profitabilité doit être évaluée avant de formuler des recommandations agronomiques.

### Abstract

**Economic and agroecological considerations for the adoption of new technologies by farmers:** On-farm agronomic trials of associated millet and cowpeas were installed by INRAN in 1985 in three regions of Niger in order to evaluate the potential for adoption of promising new technologies from the research station. An analysis of the 1985 results in three villages shows that a treatment combining an improved variety of millet, increased density, and applications of fertilizer gives significantly higher yields than the traditional treatment, but was more profitable in only two of the three villages. Relative profitability of new technologies is shown to be highly influenced by variations in markets, the valuation of family labor, rainfall, and soil fertility. The effect of high variation in the 1985 yields on risk perception is also discussed. These considerations clearly affect the profitability of new technologies, which must be evaluated before agronomic recommendations can be made.

\* Chercheurs, Institut national de recherches agronomiques du Niger, Niamey, Niger.

**Economic Impacts of Soil and Water Management Technologies:  
Preliminary Results from a Case Study Analysis in Mali**

J.C. Day and P. Aillery\*

**Abstract**

For Sudano-Sahelian farmers to adopt recommended soil and water management practices, technologies must be appropriate to the specific site conditions found in the farm setting and be consistent with the farmers' objectives and available resources. A whole-farm modeling approach to this problem is described and preliminary estimates of the ability of representative low resource farmers in Mali to pay for increased soil moisture conservation are presented. By increasing rainfall infiltration rates from 40 to 60%, farmers can double or even quadruple their disposable income, depending on rainfall. Income can be increased by another 50% if infiltration rates are raised to 80%.

**Résumé**

**Effets économiques des techniques d'aménagement des sols et de l'eau : résultats préliminaires de l'analyse d'une étude de cas au Mali :** Les technologies doivent être adaptées aux conditions spécifiques du terrain en milieu paysan, aux objectifs des agriculteurs et aux ressources disponibles pour que les paysans de la zone soudano-sahélienne soient en mesure d'adopter les mesures de conservation recommandées pour les sols et pour l'eau. Le problème est décrit par l'approche d'un modèle basé sur une exploitation agricole réelle représentative au Mali et par la présentation d'évaluations préliminaires portant sur la capacité qu'auraient des agriculteurs maliens disposant de ressources orécaires de couvrir les frais inhérents à la conservation de l'eau dans le sol. En augmentant le taux d'infiltration de pluie de 40 à 60%, les paysans peuvent doubler et même quadrupler leur revenu disponible selon l'importance des précipitations. Ce revenu peut être encore augmenté de 50% dans le cas où les taux d'infiltration seraient portés à 80%.

\* Economists, Economic Research Service, USDA, USA.



## RECOMMENDATIONS/RECOMMANDATIONS

## Working Group on Agroecological Constraints and Production Systems

### Recommendations

1. All available published information on production systems, climate and soils from individual countries in the region should be compiled and computerized.
2. Mapping of adaptation zones for diverse cropping systems, pure and intercropped, should be prioritized.
3. Agronomically significant syntheses of available soil and climate data should be prepared for use in risk-analysis and risk-management.
4. Systematic studies should be made on water balance, growth and yield to ensure optimal use of soil and climatic resources.
5. Basic research should begin with critical climatic constraints that delay the phasic development of crops.
6. Studies on the heterogeneity and spatial distribution of soils should be made at the field, national and regional levels.
7. Experimental stations should be appropriately sited and minimum data sets collected to ensure greater compatibility between crops and climate.
8. Field surveys and on-farm tests should be made to provide the necessary feedback to research for effective technology transfer.
9. Agroclimatological and pedological data need to be collected and used in interpreting and reporting on-farm data.
10. A study should be made on the ecological and economic consequences of incorporating cash crops and livestock in the present production systems.
11. Studies are needed on rainwater collection and utilization for supplemental irrigation to help ensure the stability of production systems and to facilitate the production of off-season irrigated crops.
12. More studies should be made on the role of native vegetation and its effects on crop growth in the existing production systems.
13. Inventories of available models and data should be matched in an effort to identify needs for additional data collection, validation and future research needs.

## Groupe de travail sur les contraintes agroécologiques et systèmes de production

### Recommandations

1. Pour un développement futur de l'agriculture dans la zone soudano-sahélienne et pour une assistance aux institutions de recherche et de développement, toute publication disponible sur les systèmes de production, le climat et les sols des différentes régions de la zone soudano-sahélienne doit être rassemblée et fichée.
2. La zone soudano-sahélienne ne peut être considérée comme une zone homogène. La priorité doit être donnée à l'élaboration de cartes des systèmes cultureux tels que la culture pure du mil, du sorgho et leurs associations.
3. Des synthèses sur les renseignements disponibles concernant le sol et le climat doivent faire ressortir l'utilité des analyses de risque et leur prise en compte.
4. Des études systématiques sur le bilan hydrique, la croissance et les rendements permettront une utilisation optimale des ressources du sol et du climat.
5. Les recherches de base doivent initialement être entreprises sur les contraintes critiques du climat qui retardent la phase de développement des cultures.
6. Des études doivent être entreprises sur l'hétérogénéité et la distribution spatiale des sols à trois niveaux différents : champ, pays et région.
7. Des efforts pour l'élaboration de synthèses utiles des interactions entre les systèmes de production et les contraintes climatiques dans la zone soudano-sahélienne pourraient être grandement appuyées par des sites appropriés de stations expérimentales.
8. Des tests précoces sur les composantes des systèmes de production dans les champs des cultivateurs peuvent favoriser la recherche et le transfert de technologie.
9. Il est urgent d'utiliser des données agroclimatologiques et pédologiques dans l'interprétation des données issues du champ du paysan.
10. Les conséquences écologiques et économiques de l'incorporation des cultures de rente et du cheptel dans les systèmes actuels de production doivent être étudiées.
11. Des études sur la récolte de l'eau de pluie et son utilisation pour l'irrigation complémentaire peuvent aider à assurer la stabilité des systèmes de production. D'autres recherches sont nécessaires pour répertorier l'intérêt

récent des cultures de contre-saison dans la zone soudano-sahélienne.

12. Des études sur le rôle de la végétation naturelle et ses effets sur la croissance des cultures dans les systèmes de production existants nécessitent plus d'attention.
13. La modélisation est un outil efficace pour l'examen des options pour une optimisation des systèmes de production lorsqu'elle est appliquée aux contraintes climatiques. L'inventaire des modèles disponibles doit aider à identifier les besoins futurs en données et en recherche.

**Working Group on Soil and Crop Management  
for Efficient Use of Water**

**Recommendations**

1. Priority should be given to the study of soil/water/plant relationships with particular emphasis to tillage, improving infiltration, water harvesting, weed control and management systems including crop associations.
2. Such studies should adopt a collaborative research network approach with a minimum set of uniform parameters that can fit into a model.
3. More generally the group took stock of problems facing rainfed agriculture and recommended that detailed studies be made on:
  - soil tillage with adequate consideration for long-term effects on soil properties, organic matter and soil structure;
  - the soil and climatic conditions that lend themselves to the tied ridging system with due attention to animal traction and adapted implements;
  - the effects of plant density, row spacing, and intercropping, and their interaction within the soil/water/plant system, and
  - chemical weed control for certain soils and crops, and mechanical weed control using animal traction.

**Groupe de travail sur l'aménagement des sols et des  
cultures pour l'utilisation efficace de l'eau**

**Recommandations**

1. La priorité devrait être donnée à l'étude des relations sol-eau-plante et plus particulièrement au travail du sol, l'amélioration de l'infiltration, et de la récolte de l'eau, le contrôle des mauvaises herbes et les systèmes d'exploitation des cultures, y compris les cultures associées.
2. De telles études devraient être réalisées selon une approche collaborative de type réseau de recherche dans laquelle un minimum commun de paramètres identiques serait évalué de telle sorte que l'on puisse recourir à la modélisation.
3. Le groupe a examiné les divers problèmes que rencontre l'agriculture pluviale et recommande d'étudier plus particulièrement :
  - Le travail du sol avec la prise en compte des effets à long terme sur les propriétés édaphiques, la matière organique et la structure;

- Le billonnage cloisonné en relation avec les conditions édaphiques et climatiques qui prévalent là où ce système est appliqué. On fera particulièrement attention à l'utilisation de la traction animale et d'instruments adéquats;
- L'effet de la densité des plantes, de l'espacement des rangs et des associations et de leur interaction sur les relations sol-eau-plante;
- Le contrôle à l'aide d'herbicides dans certaines situations et le désherbage mécanique avec traction animale.

## Working Group on Soil Fertility Management

The main causes of low soil fertility in the Sudano-Sahelian zone are: uncertain climate, wind and water erosion, leaching, decreasing fallows and insufficient technical know-how at the farm level.

### Recommendations

#### 1. Soil Productivity

- \* Proper attention must be given to physico-chemical factors such as soil-water conservation, the use and restoration of soils, improving soil fertility and economic factors linked to organic and mineral fertilization.
- \* Strategies adapted to all input levels need to be designed.

#### 2. Transferred and Transferable Technologies

- \* Organic and mineral fertilizers should be used in intercropping, mixed farming, mulching and in correcting the pH of the soil with due respect for quantities, types, forms, application dates and methods as well as the physical and economic environment.
- \* Maximum use should be made of local resources such as natural phosphate, gypsum and dolomite to reduce spendings incurred in foreign currency.
- \* Soil fertility improvement measures must be related to farming practices and management techniques such as water conservation, drainage, proper use and restoration of the soil, land preparation e.g., ridging.

#### 3. Basic Research

- \* A multidisciplinary integrated approach should be used to study various aspects of soil fertility.
- \* Soil deficiencies and toxicities must be identified, in preparation of soil fertility maps.
- \* Studies are needed on ecological nitrogen fixation, the effects of mycorrhiza on the plant's uptake of phosphorus, development of varieties tolerant to acidity, alkalinity and water stress.

#### 4. Applied Research

- \* Multidisciplinary applied research should focus on economic fertilizer uses recorded on a response curve,

organic fertilizers available locally, special fertilizers such as supergranule urea for rice, and mechanized application of fertilizers.

## 5. Cooperation

- \* National and international institutions should strengthen their cooperation through broader dissemination of the results of research, joint programs that avoid duplication and closer contacts.

## 6. Priorities

- \* There is an urgent need for (a) research and training at all levels, (b) dissemination of research data to the farmers through extension services, (c) improving distribution circuits (marketing, infrastructure, etc.), (d) providing incentives for production through appropriate pricing policies, subsidies for inputs, and farm credit facilities for both farmers and suppliers.

### Groupe de travail sur l'aménagement de la fertilité du sol

La faible productivité des sols de la zone soudano-sahélienne est due à différents facteurs dont les principaux sont : les aléas climatiques; l'érosion éolienne et hydrique, lessivage; la disparition progressive de la jachère; et le faible niveau de technologie des agriculteurs.

### Recommandations

#### 1. La productivité des sols

L'amélioration de cette faible productivité consiste :

- \* à prendre en considération les facteurs physico-chimiques tels que la conservation de l'eau du sol, l'exploitation et la restauration des sols, l'amélioration de la fertilité, ainsi que les facteurs économiques liés à la fumure organique et minérale;
- \* à définir des stratégies adaptées à tous les différents niveaux d'intervention.

#### 2. Technologies transférées et transférables

En matière de technologies transférées et transférables, dans le domaine de l'amélioration de la fertilité des sols, il apparaît important de considérer les quatre points principaux suivants :

- \* Fumures organiques



- associations culturales (céréales-légumineuses);
- intégration agriculture-élevage (fumier, parcage, cultures fourragères );
- pratiques des engrais verts et paillage.

\* Fumures minérales

- emploi de la fumure minérale en tenant compte des doses, des types et formes d'engrais, des dates d'apport, des modalités d'application et de l'environnement physique et économique de l'agriculteur;
- emploi des amendements minéraux (correction du pH).

\* Valorisation des ressources nationales

En vue de limiter les importations et par conséquent favoriser l'économie de devises, il est important de valoriser au maximum les ressources naturelles disponibles telles que le phosphate naturel, le gypse, la dolomie.

\* Gestion du sol

L'amélioration de la fertilité des sols doit tenir compte des pratiques culturales améliorées et des techniques de gestion des sols telles que la conservation de l'eau, le drainage, la défense et la restauration des sols, et le travail du sol (dont le billonnage).

### 3. Les besoins en recherche fondamentale

Par ordre prioritaire on retiendra :

- \* une approche intégrée multidisciplinaire pour les différents aspects de la fertilité des sols;
- \* une identification des carences et toxicité par éléments et par zone en vue d'aboutir à une cartographie de la fertilité des sols;
- \* une étude de l'utilisation de la fixation écologique de l'azote;
- \* une étude des effets des mycorhizes sur l'assimilation par les plantes du phosphore;
- \* un développement de variétés tolérantes à l'acidité et l'alcalinité et au déficit hydrique.

### 4. Les besoins en recherche appliquée

La recherche appliquée doit être multidisciplinaire et conduite en priorité en champs d'agriculteurs. Elle doit porter sur :

- \* la définition de formules de fumure adaptées et économiques (les doses, les dates, et les modes d'application, les types d'engrais) par l'établissement de courbes de réponse, ceci prenant en considération les systèmes de culture;
- \* l'étude de l'utilisation des fumures organiques et des ressources locales;
- \* l'étude de fumures spéciales telles que les supergranules d'urée sur le riz;
- \* l'application mécanique des engrais.

#### 5. Collaboration entre institutions

Il est souhaitable que la collaboration entre institutions nationales et internationales soit renforcée par une meilleure diffusion des résultats de recherche, la préparation et l'exécution de programmes collaboratifs de manière à éviter une duplication des efforts et de renforcer les échanges entre institutions.

#### 6. Besoins prioritaires

Les besoins prioritaires ci-dessous doivent faire l'objet d'une attention particulière :

- recherche et formation à tous les niveaux;
- diffusion des résultats en milieu paysan (vulgarisation):
- amélioration des circuits de distribution (commercialisation, infrastructure, etc.);
- incitations à la production et disponibilité du crédit agricole pour les agriculteurs et les fournisseurs tels que prix suffisants des produits agricoles, subventions pour les intrants.

## **Working Group on Crop Residue Management in Relation to Livestock and Soil and Water Conservation**

Farmers interested in short-term gain adopt management strategies that neglect long-term conservation activities. Time and labor are constraints to upgrading fallows through fodder plant production, while unawareness explains the absence of worthwhile multipurpose crops such as early cowpea. The group discussed the economic difficulties in building fences to confine the animals, composting, constraints to green manure, etc.

### **Recommendations**

1. Researchers and farmers should work more closely together on improving technologies related to the use of crop residues.
2. Agroeconomic studies should be made on mixed farming, soil/water conservation and optimal use of crop residue. A regional network could be established.
3. Improved integrated crop/livestock/pasture management systems should be developed to maximize on the quality, quantity and management of crop/pasture residues and manures.
4. Species and varieties that provide increased biomass need to be identified.
5. Quantities, frequencies and modes of application of organic matter to maintain soil fertility, control erosion and improve soil/water conservation must be determined.

### **Groupe de travail sur l'aménagement des résidus de cultures pour le bétail et la conservation du sol et de l'eau**

Les paysans, intéressés par une rentabilité à court terme, négligent souvent les stratégies à long terme de conservation du sol. Le manque de temps et la main-d'oeuvre sont des contraintes majeures à l'utilisation de la jachère, alors que le manque de renseignement explique la sous-exploitation de cultures d'utilité multiple, tel le niébé précoce. Le groupe a discuté, entre autres, du parcage des animaux, afin de faciliter le ramassage du fumier et le compostage des résidus de récolte, et de l'utilisation des engrais verts.

### **Recommandations**

1. Renforcer les contacts entre les chercheurs et les paysans à travers les projets de vulgarisation et de développement améliorés. Cela permettra une meilleure utilisation des méthodologies existantes et améliorées, ainsi qu'une

meilleure connaissance des contraintes liées au milieu paysan et à l'utilisation des résidus de récolte.

2. Des études agronomiques et économiques doivent être entreprises pour optimiser les systèmes d'utilisation des résidus de récolte, pour une production intégrée agriculture/élevage et la conservation des sols et de l'eau. Ces études doivent être réalisées à un niveau régional (réseau).
3. Mettre au point des systèmes de gestion intégrée agriculture/élevage/pâturage pour maximiser la qualité, la quantité, et la gestion des résidus provenant des cultures et des terrains de parcours.
4. Augmenter la production de biomasse, en identifiant des espèces et des variétés végétales.
5. Déterminer les modalités d'application (quantité, fréquence matières organiques pour le maintien de la teneur en matière organique du sol, ralentir l'érosion et améliorer la conservation du sol et de l'eau.

## Working Group on the Socioeconomic Impact of Improved Technologies for Farming Systems

Three interrelated levels (plot, farm, village) were discussed. To date farmers have been reticent about new technologies for reasons relating to financial risk, technical know-how, shortage of cash, various socioeconomic contingencies.

### Recommendations

1. New technologies should be recommended in response to problems that have been well-defined together with the farmers. They should be tested in the farmer's field before being disseminated; increasing yields alone is not a decisive criterion.
2. An inventory should be made of all the technologies recommended to the farmers, together with obstacles to their being adopted.
3. Technologies must accommodate the site specificity and various outside contingencies of farms; this is especially important when designing alternative solutions.
4. Interdisciplinary cooperation for solving problems at the farm level is more urgent than in-depth sectoral studies.
5. Studies should be made on the impact of new technologies at all levels. A study designed at the national or regional level may dissimulate a problem at the farm level.
6. Institutions should provide support through incentive policies that protect farmers against socioeconomic risks beyond their control.

### Groupe de travail sur l'incidence socio-économique des technologies améliorées des systèmes d'exploitation

Le groupe a décidé de se situer à trois niveaux : parcelle, exploitation, village. A ce jour, les paysans ont été réticents à adopter des technologies nouvelles pour des raisons diverses : risque financier, savoir-faire technique, manque d'argent et diverses contingences socio-économiques.

### Recommandations

1. Les technologies nouvelles devraient être recommandées en concordance avec les problèmes identifiés en commun avec les paysans. Elles devraient être testées dans les champs paysans avant d'être diffusées, et le fait de rendement supérieur n'est pas le seul critère décisif.
2. On devrait faire un inventaire de toutes les technologies

recommandées aux paysans, de même que des obstacles à leur adoption.

3. Les technologies doivent être appropriées au site et à d'autres contingences externes de l'exploitation. Cela est particulièrement important quand on met au point des solutions alternatives.
4. Une collaboration interdisciplinaire pour la solution de problèmes au niveau paysan est plus urgente que les études sectorielles en profondeur.
5. On doit étudier l'impact des technologies nouvelles à tous les niveaux, car une étude faite au niveau national ou régional peut masquer les problèmes au niveau de l'exploitation.
6. Un support institutionnel devrait être fourni au travers d'incitants qui protègent les paysans contre les risques socio-économiques qui leur échappent.

## **PARTICIPANTS**

## PARTICIPANTS

### BURKINA FASO

Bezobeh, Taya  
DAI STRC-SAFGRAD  
P.O. 1783  
Ouagadougou

Chapotard, Jean-Marie  
CIEH  
B.P. 369  
Ouagadougou

Eger, Helmut  
Programme Allemand-CILSS  
B.P. 4400  
Ouagadougou

Rodriguez, M.S.  
IITA/SAFGRAD  
B.P.1783  
Ouagadougou

Somé, Léopold  
Institut d'Etudes et de  
Recherches Agricoles  
B.P. 7192  
Ouagadougou

Sori, Sélé  
Bureau National des Sols  
B.P. 7142  
Ouagadougou

### CAMEROON/CAMEROUN

Rao, M.R.  
IITA/IRA  
B.P. 33  
Maroua

### CAP VERT

Brito, José  
MURP  
B.P. 50  
Praia



## **CHAD/TCHAD**

Bichara, C. Daoussa  
USAID  
s/c FAO  
B.P. 101  
N'Djaména

## **COTE-D'IVOIRE**

Chopart, Jean Louis  
IRAT-CIRAD  
04 B.P. 125  
Bouaké

## **ETHIOPIA/ETHIOPIE**

Sandford, Stephen  
ILCA  
P.O. Box 5689  
Addis Ababa

## **FRANCE**

Bertrand, R.P.  
IRAT-CIRAD  
B.P. 5035  
34032 Montpellier Cedex

Roose, Eric  
ORSTOM  
3191 route de Mende  
34040 Montpellier

Vieira Da Silva, Jorge  
Université de Paris VII  
2 Place Jussieu  
75005 Paris

## **GHANA**

Nabila, Peter  
Nyankpala Agric. Experiment Station  
Box 403, Tamale

Sipkens, Lammert  
GTZ/Nyankpala Agric. Experiment Station  
P.O. Box 969E  
Kotoka Airport  
Accra

## GREAT BRITAIN/GRANDE-BRETAGNE

Gregory, J. Peter  
Dept. of Soil Science  
University of Reading  
London Road,  
Reading, England RG15AQ

## ITALY/ITALIE

Stigliano, Michel  
Univ. de Naples  
Viale Pinturicchio 214  
00196 Rome

## MALI

Aune, Jens Bernt  
Aide de l'Eglise Norvégienne (NORAGRIC)  
B.P. 8031  
Badalabougou Est, Bamako

Bitchibaly, Kounkandji  
Institut d'Economie Rurale  
B.P. 438  
Sotuba, Bamako

Chase, Robert G.  
Projet FSR/E, USAID  
B.P. 34  
Bamako

Coulibaly, Boubacar  
Institut d'Economie Rurale  
B.P. 9030  
Bamako

Diarra, Tiécouradié  
Institut d'Economie Rurale  
B.P. 9030  
Bamako

Kéré, Adolphe V. David  
Institut du Sahel (CILSS)  
B.P. 1530  
Bamako

Kouyaté, Zoumana  
IER/SRCVO  
B.P. 438  
Sotuba, Bamako

Ly, Racine  
INRZFH  
B.P. 1704  
Bamako

Reddy, Sanath K.  
USAID  
B.P. 34  
Bamako

#### NETHERLANDS/PAYS-BAS

Souma, J.  
Dept. of Soil Science and Geology  
Agricultural University of Wageningen  
Box 37  
6700 AA Wageningen

Lekanne, Berry  
Dept. of Rural Sociology  
Agricultural University of Wageningen  
Hollandseweg 1,  
Wageningen

#### NIGER

Abba, Mohamed  
Direction Départementale de l'Agriculture  
B.P.01  
Diffa

Abdou, Atchabi  
Direction Départementale de l'Agriculture  
Niamey

Abdoulaye, Adam  
INRAN  
B.P. 429  
Niamey

Ali, Akilou  
Direction Départementale de l'Agriculture  
B.P.149  
Zinder

Amani, I.  
Service Départemental de l'Agriculture  
B.P.84  
Tahoua

Annou, H. Garba  
INRAN/DRE  
B.P.429  
Niamey

Assoumane, Baoua  
Projet Productivité Niamey  
Ministère de l'Agriculture  
B.P. 11807  
Niamey

Assoumane, Sarki  
Projet Productivité  
B.P.139  
Tahoua

Bakkah, Hama Saïdi  
Projet de Développement  
des Vallées de l'Air  
Ministère de l'Agriculture  
Agadez

Berrada, Abdel  
CNRA/PARA  
B.P. 24C  
Maradi

Buzizi, Viateur  
INRAN/DRE  
B.P. 429  
Niamey

Chétima, M. Houssa  
INRAN  
Kolo

Dancette, Claude  
AGRHYMET  
B.P. 11C11  
Niamey

Davis-Rainey, Jessica  
TROPSOILS  
B.P.136  
Niamey

Diallo, Hama  
USAID  
Niamey

Deuson, Robert  
Projet Appui à la Recherche Agricole  
B.P.429  
Niamey

Fuller, Flynn  
USAID  
Niamey

Goubé, M. Gaoh  
INRAN/MAG  
B.P. 429  
Niamey

Habou, Adi  
Journaliste  
ORTN  
Niamey

Hassane, Issaka  
Direction Départementale de l'Agriculture  
B.P.17  
Dosso

Idrissa, Chipkao  
Direction Départementale de l'Agriculture  
Maradi

Issa, Aboubacar  
INRAN/DRF  
B.P. 225  
Niamey

Josserand, Henri  
B.P.112C1  
Niamey

Karamba, Bako  
Projet de Développement  
Rural Intégré  
B.P. 626  
Zinder

Krause, Mark  
INRAN/CNRA/DECOR  
B.P. 24C  
Maradi

Maqah, I. Mahamadou  
INRAN  
B.P. 429  
Niamey

Maliki, Kadi  
INRAN/CNRA/DECOR  
B.P. 24C  
Maradi

Mazzeranghi, Rulfo  
FAO, Projet de Développement  
Intégré de Keita  
B.P. 49  
Keita

Nygaard, Robert  
Projet GAO/UNSO  
B.P. 102  
Dosso

O'Neill, Mick  
PPN  
B.P. 872  
Niamey

Oumarou, Moussa  
INRAN  
B.P. 429  
Niamey

Persaud, Maraine  
TROPSOILS/INRAN/TEXAS A&M UNIV.  
B.P. 136  
Niamey

Saïdou, Wagé  
Direction Départementale de l'Agriculture  
B.P. 105  
Agadez

Sallaou, Amadou  
Direction Départementale de l'Agriculture  
B.P. 64  
Tahoua

Salou, Moussa  
INRAN/DRE  
B.P. 429  
Niamey

Souley, Hamidou  
Projet Keita  
Tahoua

Tassiou, Aminou  
Projet de Développement Rural  
B.P. 243  
Haradi

#### NORWAY/NORVEGE

Bjørtuft, Sigurd K.  
Noragric/Agricultural University of Norway  
Blåsbortveien 14B  
N-0873 Oslo 8

Gjessing, Yngvar  
University of Bergen  
Alle'gt. 7C  
Bergen

Kolshus, Halvor J.  
Noragic/Agricultural University  
of Norway,  
Box 2, 1342 AS-NLH,

Ringlund, Kåre  
Dept. of Crop Science  
Agricultural Univ. of Norway  
Box 41  
1432 ÅS-NLH

**SENEGAL**

Koala, Saidou  
CRDI/CANADA  
B.P. 11007 CD Annexe  
Dakar

**SUDAN/SOUDAN**

Gadelkarim, Mahmoud M.  
WSARP  
El Obeid Research Station  
Box 429  
El Obeid

Ibrahim, B.A.  
WSARP  
El Obeid Research Station  
Box 429  
El Obeid

**USA/ETATS-UNIS**

Day, C. John  
USDA/ERS  
1301 New York Ave.  
Washington D.C.

Fryrear, Donald W.  
USDA/ARS, RT 1 Box 319  
Big Spring, TX 79720

Hossner, Lloyd  
Soil and Crop Sciences Department  
Texas A & M University  
College Station, TX 77843

Meyer, Raymond E.  
USAID, SIT/AGR/AID  
Washington D.C. 20523

Mokwunye, Uzo  
IFDC, P.O. Box 2040  
Muscle Shoals, AL 35662

Mulla, David J.  
Dept. of Agronomy and Soils  
Washington State University  
Pullman, WA 99164-6420

Onken, Arthur B.  
Texas Agricultural Experiment Station  
RT 3, Box 219  
Lubbock, TX 79401

Papendick, Robert I.  
USDA/ARS/USAID,  
Land & Water Conservation  
Research Unit,  
c/o Washington State University  
Pullman, WA.

Parr, F. James  
USDA/ARS/USAID,  
Barc-W, Beltsville Agriculture  
Research Center,  
Beltsville, MD.

Steiner, Jean L.  
US Dept. of Agriculture  
P.O. Drawer 10,  
Bushland, TX 79012

Stewart, B.A.  
Agricultural Research Service  
P.O. Drawer 10,  
Bushland, TX 79012

Stewart, J. Ian  
Wharf, USDA/USAID  
P.O. Box 1158  
Davis, CA 95617

#### **ZAIRE**

Joly, Claude  
FAO Fertilizer Programme  
c/o PNUD B.P. 7248  
Kinshasa I

**ICRISAT Center/Centre ICRISAT  
Patancheru P.O., A.P. 502 324, India**

Ong, C.K.

Van Den Beldt, R.J.



ICRISAT/Mali  
c/o Ambassade des Etats-Unis  
B.P. 34, Bamako

Shetty, S.V.R.

ICRISAT Sahelian Center/Centre sahélien de l'ICRISAT  
B.P. 12404 Niamey, Niger

Fussell, L.K.

Garba, Maimouna

Gibbons, R.W.

Kaziende, Jean

Mahaman, M. Manzo

Ntare, B.R.

Ouedraogo, Paul

Renard, Charles

Serafini, P.G.

Sivakumar, M.V.K.S.

Tekete, Abderahmane

#### **Interpreters/Interprètes**

Benamar, Elisabeth  
26, rue Malivert  
C1630 Saint-Genis, France

Byll-Wright, Althea  
B.P. 10964  
Niamey, Niger

Gaillard, Tilly  
25, Av. du Mal. de Lattre  
92210 Saint-Cloud, France