

ESTUDO ESPECIAL

**ESBOÇO DO HIDROSSISTEMA DE CEREAIS  
SUDANO-SAHELIANO VALORIZANDO AS  
PRECIPITAÇÕES\***

FRANÇOIS-NOEL REYNIERS

CLIPP/IRAT/CIRAD

FRANÇA

---

\*Traduzido do original em francês



# ESBOÇO DE UM HIDROSISTEMA DE CEREAIS NO SAHEL SUDANÊS QUE VALORIZA AS PRECIPITAÇÕES

François-Noel REYNIERS  
Agrofisiologista  
CLIPP/IRAT/CIRAD  
BP 5035  
34032 Montpellier – França

## Resumo

Uma concepção original de elaboração de sistemas de cultura será delineada nessa comunicação, tendo por objetivo uma melhor valorização das precipitações, com o fim de melhorar, de um modo lucrativo e durável, a produtividade do agricultor.

As diferenças constatadas entre a potencialidade e a produtividade camponeses mostram que esse objetivo é possível. O hidrosistema agrícola estrutura esse passo. Ele inclui a parte do sistema de cultura que condiciona os fluxos hídricos produtivos e que atua no meio ambiente. Ele é caracterizado por componentes e indicadores hídricos de funcionamento, como o IRESP apresentado. Os exemplos apresentados de fatores do hidrosistema de cereais do Sahel\* sudanês, valorizando as precipitações, são os fotoperíodos, a acidez do solo, e o custo dos implementos. Pesquisas serão sugeridas sobre outros sistemas agrícolas tropicais e outros fatores de intensificação. Para as aplicações do hidrosistema ao desenvolvimento serão esquematizadas três etapas: avaliação-diagnóstico da alimentação hídrica, simulação do hidrosistema agrícola ótimo e experimentação-validação. Concluindo, duas orientações para o futuro serão propostas, para o desenvolvimento do conhecimento e da gestão do hidrosistema agrícola tropical.

---

\*N.T. Palavra francesa. Região meridional do Saara.

# ESBOÇO DE UM HIDROSISTEMA DE CEREAIS NO SAHEL SUDANÊS QUE VALORIZA AS PRECIPITAÇÕES

François-Noel REYNIERS

Agrofisiologista

CLIPP/IRAT/CIRAD

Na Europa ocidental, no século XIX, os problemas da intensificação indispensável da agricultura foram superados graças à transformação dos sistemas de cultura. Ela começou com a introdução de técnicas como a da margagem, ou a rotação com leguminosas que produzem forragem, mantendo a fertilidade em cultura contínua, continuou depois com o implemento de adubos químicos, melhorando a riqueza do solo e enfim também com a seleção das variedades que se adaptam a essas modificações (Duby e outros, 1987). Nos países do Sahel sudanês, a substituição da cultura itinerante poderia seguir um caminho parecido. Assim, na situação de carência africana, os sistemas de cultura adaptados serão os que valorizarão as precipitações e os elementos minerais, economizando implementos. Devemos notar que, com umas produtividades médias de 600 a 900 kg/ha, dependendo das regiões estes recursos naturais são os mais limitantes. A irradiação solar, ao contrário das regiões temperadas, somente se torna limitante além de três toneladaspor ha, como o deixa prever a curva de resposta do arroz chuvoso a uma diminuição experimental da luz, na região central da Costa do Marfim (Posner, 1978).

Mas é possível, nas regiões do Sahel sudanês, o estabelecimento de sistemas de cultura que valorizem os recursos pluviométricos? e em caso afirmativo, como?

A valorização das precipitações tem três características: produtividade vegetal, proteção do meio ambiente e rentabilidade para o agricultor.

A resposta à primeira pergunta é fornecida em parte pelos zoneamentos de potencialidades do milho miúdo, do sorgo e do milho realizado nesta zona (Reyniers e outros, 1991). Eles revelam grandes diferenças entre potencialidades e produtividades em meio camponês, com valores máximos de um a três, aumentando com a pluviosidade média e diminuindo com o grau de intensificação. A subutilização atual do potencial significa uma possibilidade real de valorização das precipitações.

Esta comunicação sugere um caminho para andar nessa direção, estudando a parte do sistema de cultura – vista como realidade de terreno – que condiciona a utilização das precipitações, gerando-a com técnicas de cultura adaptadas. As proposições formuladas são baseadas em uma análise dos balanços hídricos dos cereais, feito pelos pesquisadores agrônomos dos países concorrentes e do CIRAD, obtidos particularmente em programas conjuntos da rede de pesquisa sobre a resistência à seca (R3S).

# 1. CARACTERIZAÇÃO DO HIDROSISTEMA DE CEREAIS DO SAHEL SUDANÊS

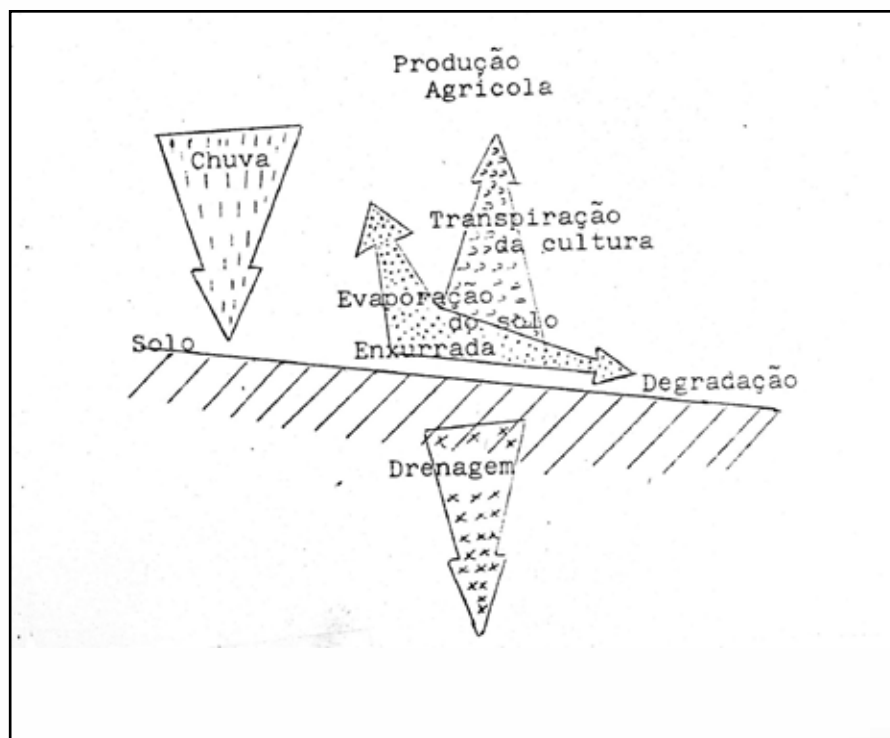
O hidrosistema agrícola é a parte do sistema de cultura que condiciona os fluxos hídricos gerados pelas chuvas. Os métodos de caracterização os fluxos hídricos gerados pelas chuvas. Os métodos de caracterização do seu modo de funcionamento apresentados somente tratarão do problema de adaptação à seca dos sistemas de cultura CSS (de cereais do Sahel sudanês).

## 1.1 Método de caracterização de hidrosistema CSS

### 1.1.1 Caracterização dos componentes

O ponto de partida é a identificação dos diferentes componentes do hidrosistema agrícola. Eles se aproximam dos elementos do “continuum” solo-cultura-atmosfera e dos fluxos hídricos que por ele circulam (figura 1).

Figura 1



O hidrosistema agrícola, chuvoso, caracterizado pelos seus principais fluxos

Dividindo o sistema de cultura para explicar melhor o papel das precipitações, nós aplicamos um dos preceitos do método de Descartes “dividir cada uma das dificuldades que eu examinarei, em tantas parcelas possíveis e necessárias para resolvê-las melhor”.

Para tratar da valorização das precipitações, os componentes do hidrosistema agrícola serão estudados em várias escalas que se encaixam como bonecas russas. Assim, o hidrosistema planta inclui a rizosfera, os talos, as folhas, a atmosfera e a transpiração. O hidrosistema cultura é composto da reserva útil de raízes, da “canopie” da atmosfera e da evapotranspiração (ETR) e drenagem. O hidrosistema da vertente agrícola inclui as características morfo-pedológicas, a “canopie” e a enxurrada na superfície e ao longo das camadas impermeáveis. Enfim o hidrosistema regional é construído pegando um envelope médio de reserva útil de raízes e superfície folhear e considerando as precipitações e a demanda de evaporação como variáveis anuais. O encaixe dos hidrosistemas agrícolas facilitará as transferências de escalas. Assim, as modalidades de intensificações, estabelecidas necessariamente localmente, por experimentações poderão ser precisadas no tempo e no espaço.

### 1.1.2 Caracterização do funcionamento

O funcionamento do hidrosistema agrícola é definido pela quantificação dos fluxos hídricos apresentados na figura 1 e mencionados entre os componentes. Esses fluxos são importantes no funcionamento agrônomo. Expressões desses fluxos, ligados à produtividade e chamados indicadores “hídricos”, são necessárias como critérios de valorização das precipitações. O IRESP, um desses indicadores do hidrosistema CSS, será apresentado, assim como um resumo do seu estabelecimento.

Inicialmente, os indicadores hídricos eram destinados à previsão das produtividades, em função da variabilidade espaço-temporal das precipitações da zona do Sahel sudanês entre 500 e 1200 mm de média anual, atendendo à demanda dos organismos de desenvolvimento. A importância da quantificação dos fluxos

Hídricos do sistema de cultura está provada, uma vez que o exercício simulado permitiu a explicação das flutuações de rendimento (Forest e outros, 1984), numa tentativa agrônômica de arroz chuvoso de quinze anos, em Bouaké na Costa do Marfim.

Este resultado encorajou tanto os estudos sobre os modelos de simulação do balanço hídrico quanto os estudos sobre os indicadores hídricos.

No começo, o modelo de balanço hídrico com reservatório incluía: a velocidade de descida da frente de umedecimento, a duração do ciclo recortado em fases fisiológicas, e a curva envelope dos coeficientes de culturas. Progressivamente, com o fim de integrar melhor os fatores de variabilidade dos fluxos hídricos, os seguintes parâmetros foram incluídos: a evaporação do solo no início de ciclo e a velocidade de enraizamento (Freteaud e outros, 1987, Chopart e outros, 1988), a taxa de enxurrada em função do estado de superfície (Albergel e outros, 1990), o índice de superfície folhear e o efeito de técnicas de cultura sobre vários parâmetros (Forest e outros, 1991).

---

\*N.T. não traduzido do francês.

Os indicadores hídricos de produtividade tomaram várias expressões do ETR e/ou da taxa de satisfação das necessidades de água, estimados pelo ETM (evapotranspiração máxima). As suas validades foram testadas em diversas condições: pedoclimáticas, técnicas de culturas e espécies. O IRESP (Índice de rendimento esperado) será apresentado. Inicialmente, ele foi proposto por Forest e Reyniers (1985), para o zoneamento agroclimático das potencialidades climáticas do arroz chuvoso. Duas fórmulas equivalentes permitem calcular:

$IRESP = ETM_{ciclo} \times ETR/ETM_{ciclo} \times ETR/ETM_{fase\ crítica}$  (1) ou dividindo por ETM:

$IRESP = ETR_{ciclo} \times ETR/ETM_{fase\ crítica}$ . (2)

Este indicador, expresso em mm, foi selecionado pela sua facilidade de avaliação e de robustez. Além disso, o IRESP é ligado aos fatores de produção dos cereais. O seu primeiro termo, o  $ETR_{ciclo}$ , é proporcional à irradiação fotosinteticamente ativa, quer dizer, quando a planta transpira, é comparável a “um fluxo produtivo”.

Esse termo integra os efeitos de numerosos fatores, particularmente da duração do ciclo, da fertilidade sobre o enraizamento e sobre a superfície folhear.

O segundo termo,  $ETR/ETM_{fase\ crítica}$ , leva em consideração a grande sensibilidade dos cereais ao déficit hídrico durante a fase de reprodução.

Os estudos sobre a passagem entre indicadores hídricos e produtividade foram realizados para o milho, o milho miúdo e o amendoim, com técnicas de cultura e situações pedoclimáticas variadas.

A equação do rendimento se estabelece do seguinte modo:  $Rdt = a \text{ Eff} \times b \text{ IRESP} + c$ .

O termo  $\text{Eff}$ , é a eficiência da água consumida (em relação com a produtividade em grãos). Dependendo das situações agrícolas do Sahel sudanês, ela varia entre 2 e 20 kg/ha/mm, alcançando valores mais elevados em outras condições. Em cada tipo de situação agrícola a sua medida permite o ajuste da função de produtividade do IRESP. Esse método garante a confiabilidade das estimativas de rendimento.

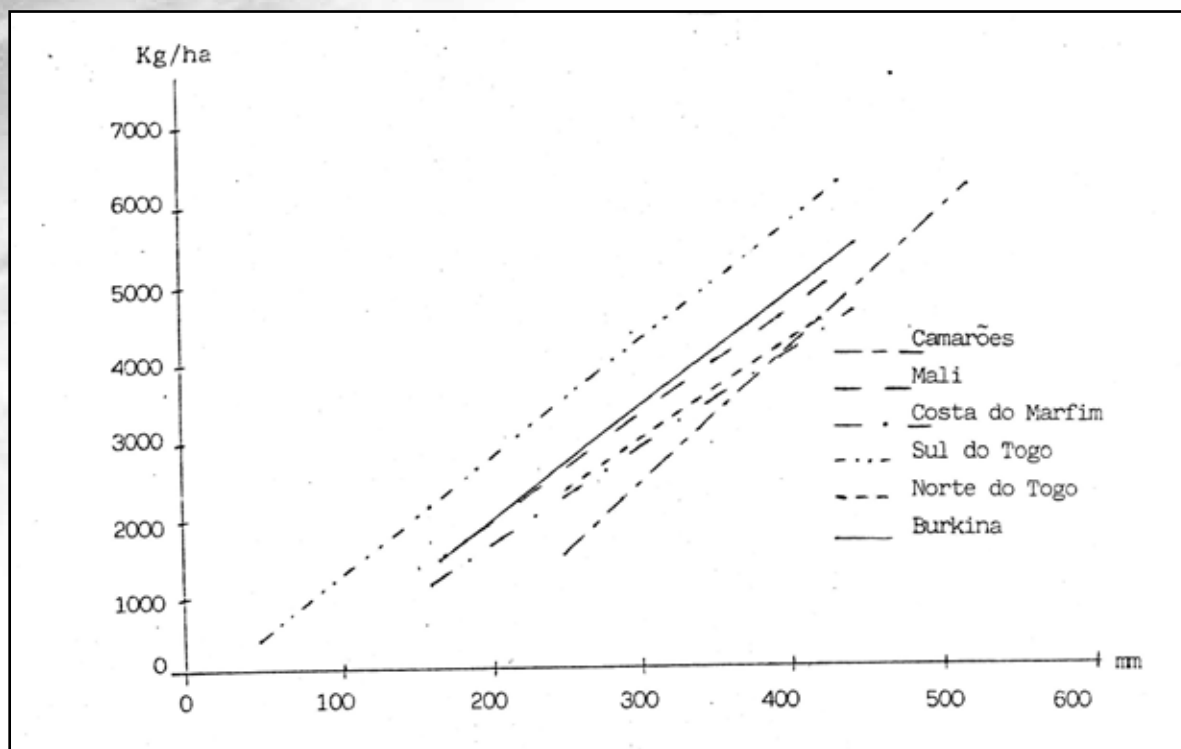
A capacidade de prever o rendimento pelo IRESP foi demonstrada em várias situações agrícolas do Sahel sudanês. A demonstração mais geral, foi aquela sobre a produtividade do milho em condição de cultura intensificada, como o mostram as regressões da figura 2 (Girard e outros, 1991).

Nos estudos atuais, em parcela camponesa, o indicador hídrico correntemente usado é a percentagem da satisfação das necessidades de água do ciclo (Affholder, 1990). Esse indicador é da mesma “família” que o IRESP. Todavia, ele tem o inconveniente de ser pouco sensível aos fatores de intensificação como a duração do ciclo ou o nível de fertilidade.

## **2.2 A valorização das precipitações pelo hidrosistema CSS**

Qual é o modo de funcionamento do hidrosistema CSS?

Mais precisamente, como se pode obter a valorização das precipitações gerenciando os



componentes do hidrosistema agrícola tal como os fotoperíodos do espaço, acidificação do solo, flutuação da margem bruta? Os efeitos desses elementos, de natureza diversa, serão rapidamente apresentados como exemplos. Outros fatores também são muito importantes, como os ligados à enurrada ou à duração de ciclo, mas eles são mais conhecidos.

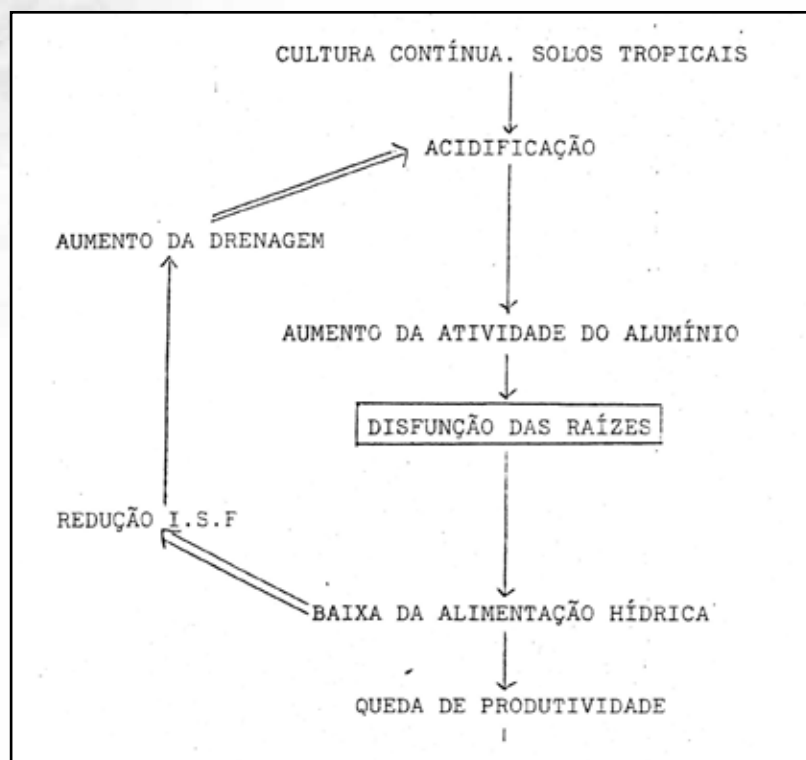
### 1.2.1 Os fotoperíodos

Vaksmann e Traorê (1992) demonstraram o efeito do ciclo parcial de fotoperíodos da variedade interanual do IBESP. Essa estabilidade é aproveitada pelos agricultores da região de Bankass no Mali.

### 1.2.2 A acidificação do solo

O exemplo dos efeitos da fertilidade sobre o hidrosistema dizem respeito aos solos ferálíticos não saturados em cultura contínua com implementos fracos (Reyniers, 1991). A cultura contínua tem por consequência a acidificação do solo pela lixiviação do cálcio e correlativamente, abaixo de um pH de 5, uma toxicidade alumínica. Essa induz uma disfunção das raízes e se a umidade do solo é limitante, também um déficit de alimentação hídrica. Esse encadeamento vira um ciclo de degradação, se a cultura consome menos água. E se a pluviosidade continua, a drenagem aumenta tanto quanto a lixiviação e a acidificação (fig. 3).





Ciclo de seca induzido pela cultura contínua num solo ferralítico com pH baixo

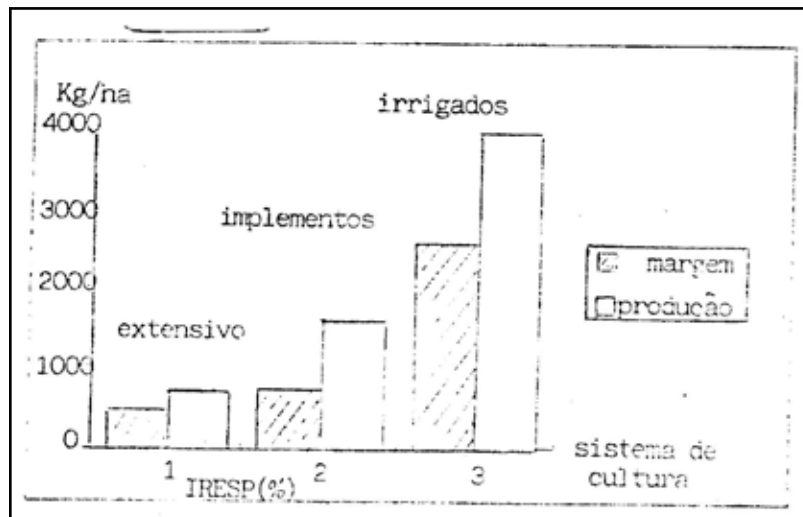
Essa degradação simultânea e progressiva da produtividade e do meio ambiente é produzida em cultura contínua sem adubo orgânico suficiente. A colocação de esterco ou de adubo cálcico permite a correção desta degradação. Todavia, a composição da matéria orgânica atua simultaneamente na oferta pelo alongamento das raízes e na demanda pela superfície folhear. Esses efeitos podem ser compensados por si, ou mesmo reduzir a satisfação das necessidades de água (Affholder, 1991), o que mostra a importância de um adubo rico em cálcio e fósforo, sem excesso de azoto, favorecendo o crescimento das partes subterrâneas sem provocar uma exuberância da superfície folhear. As taxas favoráveis dependem naturalmente das condições pedoclimáticas.

### 1.2.3 A flutuação da margem bruta

A valorização das precipitações dependem também de fatores econômicos. Os implementos caros, por exemplo, somente serão introduzidos no sistema de cultura se a margem bruta do agricultor é satisfatória. Essa margem não depende somente das precipitações, mas também das características do hidrossistema.

Um estudo preliminar, de Forest, Reyniers, Lidon (1991), liga um indicador hídrico (a percentagem de satisfação das necessidades de água) à produtividade por um lado, e à margem bruta por outro lado, para culturas de milho miúdo ou de sorgo em três níveis de implementos na zona do Sahel (fig. 4). Nesse caso, de escola, o aumento da alimentação hídrica somente leva ao aumento da produtividade e não ao aumento da margem bruta, salvo com irrigação. Esse resultado explica o comportamento dos agricultores que, nessas condições, não investiriam enquanto as características do hidrosistema não permitissem que se melhorasse as margens brutas.

Figura 4



Diferença entre produtividade e margem bruta (kg/ha) em função da taxa de satisfação das necessidades de água e implementos.

Exemplo, nas condições do Sahel, sobre culturas de milho miúdo ou de sorgo.

Essas poucas ilustrações sobre o modo de funcionamento do hidrosistema CSS esboçam o caminho da valorização das precipitações. São só alguns exemplos sobre as relações a serem estabelecidas entre práticas de cultura (variedades, data da sementeira, lavra, dosagem de adubo etc.) e o déficit de alimentação hídrica. Certas relações são ligadas a fatores naturais: precipitações fracas, solo compacto etc. Outras são ligadas a procedimentos que atuam sobre certos componentes do hidrosistema. Assim, após estudar o efeito de todos os componentes, um sistema de cultura poderá ser proposto, otimizando as precipitações e ampliando o lucro do agricultor.

## 2 PROPOSIÇÕES PARA A VALORIZAÇÃO DAS PRECIPITAÇÕES

A valorização das precipitações para a gestão do hidrosistema CSS está só no seu começo. Assim, a pesquisa sobre o seu modo de funcionamento tem que ser continuada. Todavia, uma difusão do que já foi adquirido no desenvolvimento da pesquisa permitiria uma adaptação às especificidades das situações reais.

## **2.1 Pesquisas preconizadas sobre o hidrosistema agrícola do Sahel sudanês.**

### **2.1.1 Extensão a outras espécies de cereais**

A caracterização dos hidrosistemas das leguminosas tropicais (amendoim, feijão de corda – niébé) e do algodão tem que ser estudada com prioridade porque suas espécies entram em rotação com os cereais no sistema de cultura do Sahel sudanês. O mais urgente é o estabelecimento de indicadores hídricos de produtividade para esses hidrosistemas, à semelhança do IRESP, que não tem equivalente para o amendoim ou o algodão.

A caracterização dos hidrosistemas que produzem forragem e dos hidrosistemas arbóreos tropicais, tem também que ser começada para contribuir com elementos sobre a gestão dos fluxos hídricos em ciência agroflorestal e agropastoril dessa zona.

### **2.1.2 Pesquisa sobre fatores do hidrosistema agrícola**

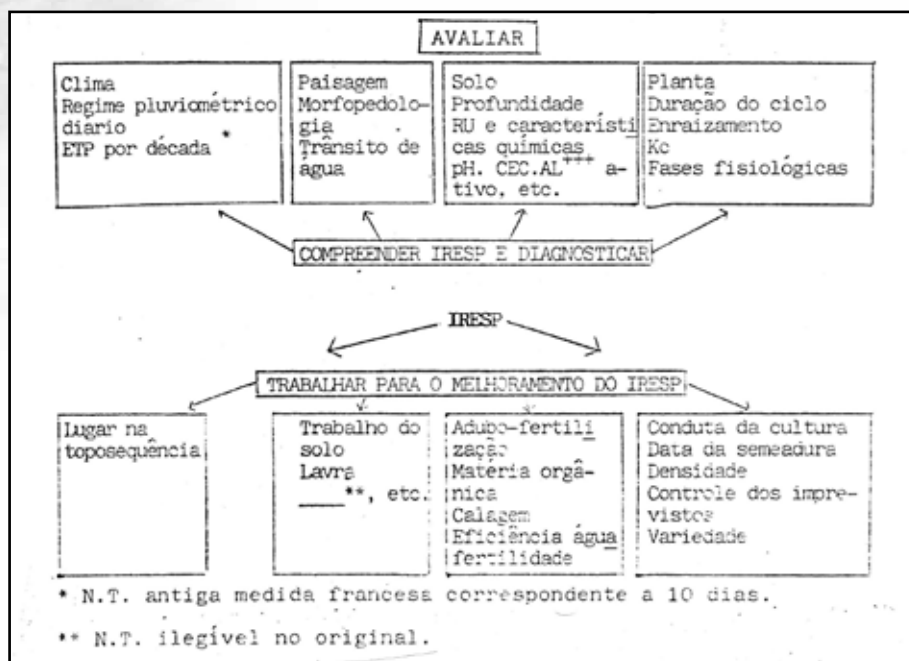
O modo de funcionamento dos hidrosistemas agrícolas ainda é muito desconhecido. Eles têm que ser caracterizado por meios específicos de: agroclimatologia, hidrologia aplicada, agrofisiologia, genética, ciências do solo e agroeconomia. Cada uma dessas disciplinas construirá uma das facetas do hidrosistema CSS, mantendo-se ligadas a indicadores hídricos que traduzam o funcionamento geral e que são ligados à produtividade como o IRESP. Em agrofisiologia, por exemplo, a eficiência da água consumida em kg/ha/mm de ETR varia segundo a explicação acima, sem que os fatores plantas e parcela tenham sido esclarecidos.

Os fatores serão escolhidos segundo as situações agrícolas. Assim o funcionamento do hidrosistema CSS dos terrenos baixos, onde o arroz é cultivado, depende particularmente dos movimentos de lençol ainda desconhecidos porque os outros componentes do hidrosistema não foram considerados.

## **2.2. Adaptar as aquisições para o desenvolvimento**

As aquisições sobre o funcionamento do hidrosistema de cereais no Sahel sudanês permitiriam uma adaptação dos sistemas de cultura em três fases. A primeira faz uma avaliação dos componentes do hidrosistema e faz um diagnóstico das causas da seca, seguindo um procedimento detalhado mais adiante. A Segunda fase calcula, por simulação, os valores ótimos dos fatores controláveis como a data da semeadura, a duração do ciclo etc, tendo por indicadores o IRESP e os dos demais fluxos hídricos. A terceira fase aplica no terreno as orientações assim definidas, estabelecendo testes e experimentações sobre as técnicas ou as variedades a serem recomendadas (fig. 5).

Figura 5



\*N.T. antiga medida francesa correspondente a 10 dias.

\*\*N.T. ilegível no original.

<u>Escala</u>	<u>Componentes do hidro-sistema agrícola</u>	<u>Fluxos hídricos avaliados</u>
Região de mesma pluviosidade	Regime frequencial das chuvas ETP, etc.	IRESP potencial
Torrão-vertente	Estados de superfície porosidade do solo etc.	Taxa de enxurrada Contribuições laterais etc.
Áreas camponesas	Reserva útil de raízes índice folhear etc.	IRESP real, evaporação do solo, drenagem
Planta	Composição da rizosfera, estado hídrico das folhas, etc.	Fluxo de seiva exudato das raízes, etc.

Os programas soft de balanço hídrico concebidos no mesmo modelo são adaptados segundo os parâmetros e as variáveis tratados. O mais agrônômico é o programa soft SARRA que integra o efeito de técnicas de cultura ou de características do solo sobre a velocidade de enraizamento ou sobre o índice folhear (Forest e outros, 1991).

A finalidade regional é o fornecimento, ao planejador, de opções de desenvolvimento. A partir das características de torrão-vertente, propostas de instalações contra as enxurradas lhe serão submetidas. O conhecimento do balanço hídrico da parcela precisará as possibilidades e os meios de intensificação. Na escala da planta, a compreensão do hidrosistema conduz a critérios de seleção adaptados.

O diagnóstico dos fatores da valorização das precipitações se afina a cada escala. Na escala regional são diagnosticadas as limitações dos regimes pluviométricos em relação ao ajuste dos ciclos.

Na escala vertente, os fatores morfopedológicos ligados à enxurrada são revelados como os estados de superfície.

Na escala da parcela são detectadas as limitações ligadas ao enraizamento.

O sucesso dessa passagem será assegurado por uma fase de pesquisa-desenvolvimento, juntando as recomendações sobre os riscos de seca aos riscos de flutuação dos preços. Isso necessitará uma associação com os agroeconomistas.

Assim, se um reforço de recursos for concedido para este procedimento, a intensificação indispensável poderá ser estabelecida, valorizando os investimentos do agricultor e protegendo o seu meio ambiente.

## CONCLUSÃO

As diferenças entre as produtividades potenciais e reais do sorgo, milho miúdo e milho poderiam ser reduzidas através de uma melhor valorização das precipitações, sob a condição de uma melhor gestão da cultura. O esboço do modo de funcionamento do hidrosistema de cereais do Sahel sudanês revelou duas orientações para o futuro visando atingir este objetivo. Em primeiro lugar, pode-se mobilizar um procedimento para a melhoria no desenvolvimento, se os recursos para a sua aplicação forem concedidos. Ele é fornecido por técnicas de instalação, de cultura e de variedades melhor adaptadas. Em segundo lugar, o hidrosistema se revela, cientificamente, um instrumento de futuro para integrar os resultados hídricos comuns.

## BIBLIOGRAFIA

Affholder F. 1990. Rapport de campagne au Sénégal 1990-1991.

CR Atelier ESPACE. CIRAD Montpellier.

Affholder F. 1991. Influence de la gestion de la fertilité et du contrôle de l'enherbement sur l'efficacité de l'eau et la production de mil pluvial. Séminaire sur la gestion agroclimatique des précipitations. Bamako déc. 1991 (à paraître).

Albergel J., P. Perez, M. Vaksman. 1990. Une méthode d'estimation du ruissellement dans le bilan hydrique des cultures. Journées hydrologiques de l'ORSTOM. 12p.

Chopart JL, P. Siband 1988. PROBE: Programme de Bilan de l'Eau. Mémoires et travaux n° 17. Ed. IRAT Montpellier. 76p.

Chopart JL, D. Kone. 1991. Risque agroclimatique et intensification de la culture du Maïs en région centre Côte d'Ivoire.

Séminaire sur la gestion agroclimatique des précipitations Bamako déc 1991 (à paraître).

Duby Georges, Armand Wallon. 1987. En particulier chapitre "victoire sur la disette". Dans le tome 3 de histoire de la France rurale. Seuil.

Fréteaud JP, R. Poss, H. Saragoni 1987. Ajustement d'un modèle de bilan hydrique à des mesures tensiométriques, in situ. Sous culture de maïs, Agro. Trop. Vol. 42-4; 94-102.

Forest F., JM. Kalms, 1984. Influence du régime d'alimentation en eau sur la production du riz pluvial-simulation du bilan hydrique. Agro.trop. 39-1: 42-50.

Forest F., FN. Reyniers 1985. Proposals for the classification of agroclimatic risk of upland rice in terms of Water Balance".

Progress in Upland rice research IRRI. Pp. 03-106.

Forest F., Clopes 1991. Contribution à l'explication de la variabilité du rendement d'une culture de maïs plus ou moins intensifiée à l'aide d'un modèle de bilan hydrique amélioré. Séminaire sur la gestion agroclimatique des précipitations. Bamako déc 1991 (à paraître). Forest F., FN. Reyniers, B. Lidon 1991. Prendre en compte le risque agroclimatique et le coût de l'intensification. Savanes d'Afrique, terres fertiles? CIRAD Montpellier. Pp 531-541.

Girard X. Adri K. 1991. Potencialités de la maïsiculture pluviale en Afrique sub-sahélienne. Rapport au MRES. IRAT Montpellier.

- Posner J. 1978. Radiation solaire, croissance et productivité du riz pluvial (*oryza sativa*) en Afrique de l'Ouest. *Agro.trop.* 33-3:275-290.
- Reyniers FN., L. Jacquinot, T. Binh, R. Nicou 1982. Amélioration de la tolérance du riz pluvial à la sécheresse. *Agro. Trop.* Vol. 37-3:270-287.
- Reyniers FN., 1985. "Critères de tolérance à la sécheresse et conditions edapho-climatiques. Cas du riz pluvial". *La sécheresse en zone intertropicale. Pour une lutte intégrée.* CIRAD. Montpellier. Pp 199-212.
- Reyniers FN., F. Forest 1988. "Amélioration de l'alimentation hydrique et de son efficacité en agriculture pluviale au sud du Sahara". *Agriculture irriguée en Afrique.* CTA/ILRI. pp. 1-24.
- Reyniers FN., F. Forest, 1990. "La pluie n'est pas le seul remède à la sécheresse en Afrique. Les flux hydriques dans le système sol-plante-atmosphère". *Sécheresse Science et changements planétaires.* Libbey. Paris. Vol. 1, n° 1 pp. 36-43.
- Reyniers FN., 1991. "Diagnostic de l'alimentation hydrique des cultures pluviales". *Agronomie et ressources naturelles en régions tropicales.* pp. 137-149. CIRAD. Montpellier.
- Reyniers FN., et L. Netoyo 1991. Orientations du plan d'action 1992-1996 du R3S.IRAT. Montpellier.
- Vaksmann M., S. Traoré 1990. Compte rendu de campagne au Mali 1989. CR Atelier ESPACE. CIRAD Montpellier.
- Vaksmann M., S. Traoré, 1991. Adéquation entre risque climatique et choix variétal du mil au Mali. Cas de la zone de Bankass. Séminaire sur la gestion agroclimatique des précipitations. Bamako déc. 1991 (à paraître).