

INTÉRÊT DES CHAMPS PLUVIOMÉTRIQUES ESTIMÉS À PARTIR DE MÉTÉOSAT POUR LE BILAN HYDRIQUE DES CULTURES

X. GIRARD, E. BOURNEUF

(Centre régional AGRHYMET, BP 11011 - NIAMEY, NIGER)

RÉSUMÉ

Dans le cadre de l'alerte précoce, le centre AGRHYMET dispose d'un outil de diagnostic de l'état hydrique des cultures et de prévision des rendements du mil. L'analyse est basée sur la simulation du bilan hydrique à partir des données pluviométriques journalières fournies tous les dix jours par les météorologies nationales des pays du CILSS.

La spatialisation des termes du bilan hydrique ou des estimations de rendements peut être considérablement améliorée en remplaçant les données de postes, disponibles en nombre insuffisant en cours de campagne par les champs pluviométriques estimés à partir des images MÉTÉOSAT.

L'intégration de ce modèle dans un système d'information géographique est envisagée et permettra de prendre en compte des données agronomiques spatialisées (capacité de rétention en eau des sols, occupation des sols par les cultures...).

INTRODUCTION

Le centre AGRHYMET dispose d'un outil pour des estimations de rendements du mil dans les pays du CILSS : le modèle diagnostic hydrique des cultures ou DHC4. Les données de base du programme sont les précipitations journalières par poste saisies au centre au fur et à mesure de leur réception.

Outre le retard à la réception et compte tenu de l'hétérogénéité de la distribution spatiale des précipitations entre deux points de mesure, le nombre de postes (150 au moins en cours d'hivernage pour l'ensemble des pays du CILSS) est insuffisant pour assurer avec une précision satisfaisante un suivi de l'état hydrique des cultures pluviales (cf. figure 1).

Pour plus de fiabilité, il est donc nécessaire d'utiliser les données les plus représentatives possible de la distribution spatiale des précipitations.

À l'heure actuelle, les champs pluviométriques décadaires dont la résolution est de 5 km offrent une meilleure représentativité de la distribution spatiale des précipitations. Leur intégration comme donnée d'entrée dans un modèle de bilan hydrique offre plusieurs avantages :

- gain de précision et meilleure spatialisation de l'information pluviométrique issue des champs pluviométriques estimés par rapport aux valeurs stationnelles en cours de campagne ;
- intégration possible du modèle dans un système d'information géographique.

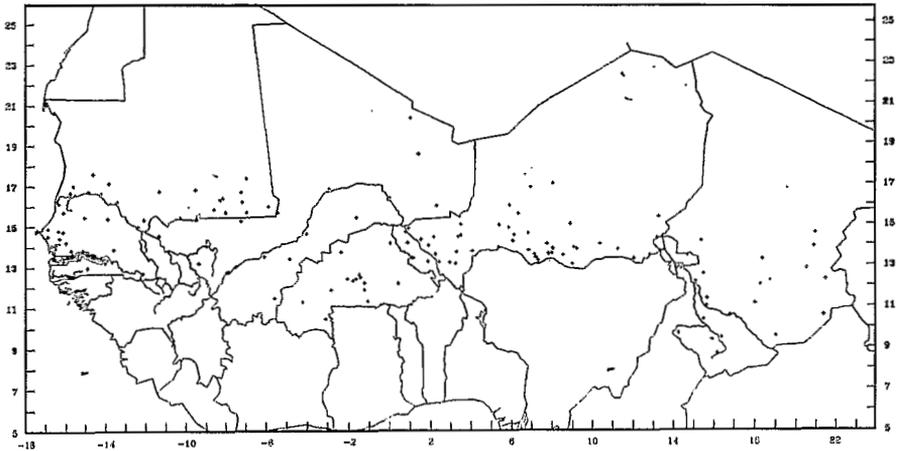


Figure 1 : Réseau pluviométrique pour le suivi de campagne pays du CILSS.

I - AMÉLIORATION DE LA QUALITÉ D'INFORMATION PLUVIOMÉTRIQUE ISSUE DES DONNÉES MÉTÉOSAT PAR RAPPORT AUX DONNÉES STATIONNELLES

Pour comparer les deux types d'informations (champs pluviométriques estimés, données poste) nous avons utilisés les résultats du bilan hydrique simulé par le modèle DHC. Les algorithmes de ce modèle sont présentés dans le manuel d'utilisation du DHC (GIRARD X., BARON C., CORTIER B., 1994). Le calcul du bilan hydrique est basé sur la variation du stock d'eau dans le sol au pas de temps pentadaire.

$$\Delta S = P - Dr - ETR - \text{Ruis}$$

ΔS : variation du stock hydrique du sol

P : précipitations en mm pendant la période de cinq jours

Dr : perte par drainage (excès d'eau par rapport à la capacité de rétention en eau du sol pour la couche de sol considérée)

Ruis : ruissellement

ETR : évapotranspiration réelle de la plante

Cette dernière variable est calculée à partir de la formule polynomiale d'EAGLEMAN tenant compte de l'humidité du sol et des besoins en eau de la culture ($ETM = ETP \times Kc$ (coefficient cultural)).

L'ETP décadaire provient des moyennes établies sur la période 1951-1980 interpolées suivant une grille de 0,25 degrés (Atlas AGRHYMET). Ces données ainsi spatialisées peuvent être utilisées dans le cas d'un modèle stationnel ou d'un modèle intégrant les champs pluviométriques MÉTÉOSAT.

Les valeurs d'ETP pour chaque station géoréférencées sont interpolées à partir des quatre points de la grille autour de la station.

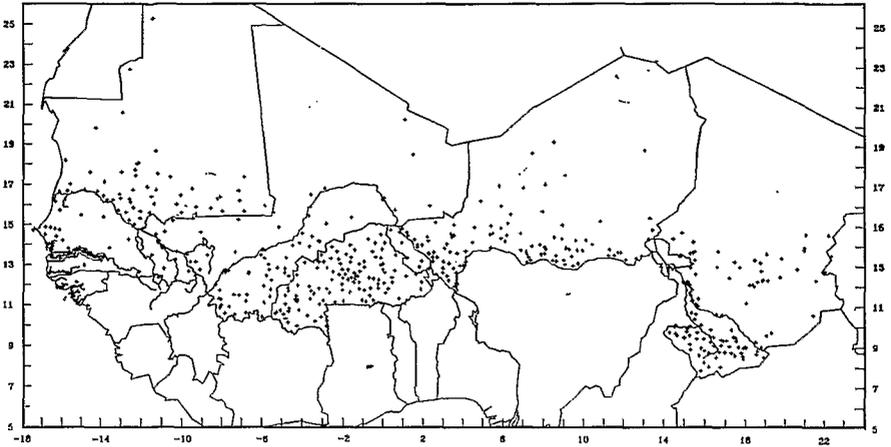


Figure 2 : Réseau pluviométrique disponible en fin d'année pour la CILSS.

Dans le cadre de l'utilisation des champs pluviométriques, les ETP sont calculées par interpolation une fois pour toute pour chaque pixel MÉTÉOSAT. Les coefficients culturaux régionalisés sont calculés à partir d'un algorithme prenant en compte la latitude.

Notre hypothèse de travail est que l'information pluviométrique fournie par les champs pluviométriques estimés par MÉTÉOSAT est de qualité supérieure aux données pluviométriques disponibles en cours de campagne à l'échelle régionale et dans le cadre d'un bilan hydrique.

Pour tester cette hypothèse, nous avons utilisé deux types de données :

1 - Données stationnelles

- données de référence actuelle : données journalières de 1993 pour l'ensemble du réseau sur la zone CILSS (600 postes, cf. fig. 2) ;
- hypothèse suivi de campagne : données de 150 postes envoyées tous les dix jours par les Directions de météorologie nationales au centre AGRHYMET 1993 et 1994 (cf. fig. 1).

2 - Champs pluviométriques estimés par MÉTÉOSAT

- champs pluviométriques estimés pour 1994 et calibrés dans le cadre du suivi de campagne par la climatologie (médiane des précipitations décennales établie sur la série 1951-1980) ;
- champs pluviométriques estimés pour 1993 et calibrés par les données réelles récupérées en cours de campagne (150 postes).

Les estimations de pluies à partir des données MÉTÉOSAT sont obtenues en décomposant la zone d'étude en trois zones climatiques définies à partir de la climatologie :

- une zone sèche délimitée par l'isohyète décennale 30 mm, l'estimateur utilisé est la somme des carrés des différences entre les nuages froids à -35 °C et la valeur de synthèse quotidienne ;

- une zone humide de pluviométrie moyenne décadaire > 75 mm, l'estimation est basée sur la somme des occurrences des nuages à - 40 °C. Entre ces deux zones, les estimations sont calculées par moyennes pondérées à partir des estimations suivant les deux méthodes précitées.

Dans le cadre de l'utilisation de données pluviométriques estimées à partir de MÉTÉOSAT à l'échelle décadaire se posait le problème du pas de temps de calcul. Une étude précédente (GIRARD X., BALLU S., 1993) a montré que dans le cadre d'un bilan hydrique, les données pluviométriques cumulées pour chaque décade pouvaient être divisées en deux données pentadaires sans dégradation de l'information.

Vu la quantité de données à traiter (1 024 x 512 = 524 288 pixels) et pour éviter des calculs inutiles, un masque couvrant les pays hors CILSS, l'océan et les zones désertiques permet de ne travailler que sur les pays du CILSS dans le domaine des cultures pluviales.

La variable en sortie utilisée pour cette comparaison est l'ETR cumulée pendant le cycle de la culture. Dans un souci de simplification et de rapidité de calculs, nous n'avons simulé le bilan que pour une seule longueur de cycle : 90 jours et pour une seule date de semis : 1^{er} juin. La réserve utile (capacité de rétention en eau pour 1 m de sol) a été fixée arbitrairement à 80 mm.

Afin de comparer les résultats issus de données postes et ceux issus des images MÉTÉOSAT, on a extrait les valeurs d'ETR calculées à partir des champs pluviométriques pour les coordonnées correspondant aux stations du réseau pluviométrique fourni en cours de campagne. Les couples de valeurs sont comparées par régression linéaire.

Les résultats sont donnés dans le tableau suivant :

| | ETR postes 1993 | ETR postes 1994 |
|-----------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| ETR champs pluv. 1993 | $r^2 = 0,69$ F = 152 a = 0,21 b = 81 | |
| ETR champs pluv. 1994 | | $r^2 = 0,82$ F = 406 a = 0,77 b = 36 |

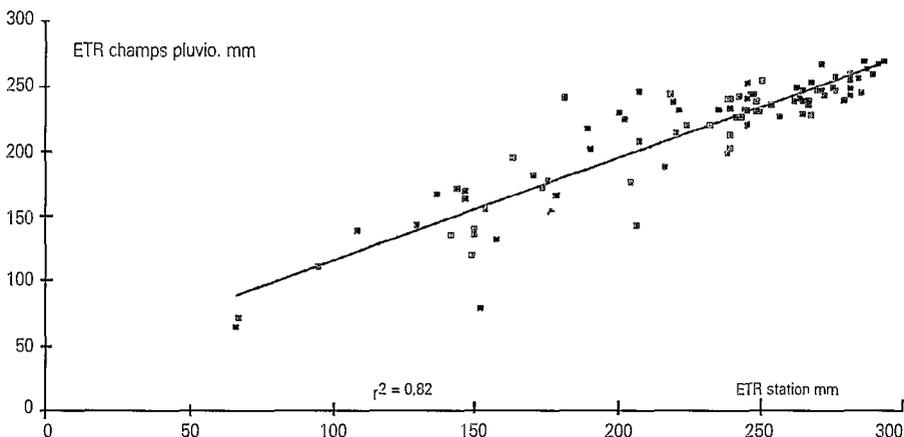


Fig 3 : Comparaison entre les ETR issues des données pluviométriques des DMN et ETR issues des champs pluviométriques pour 1994.

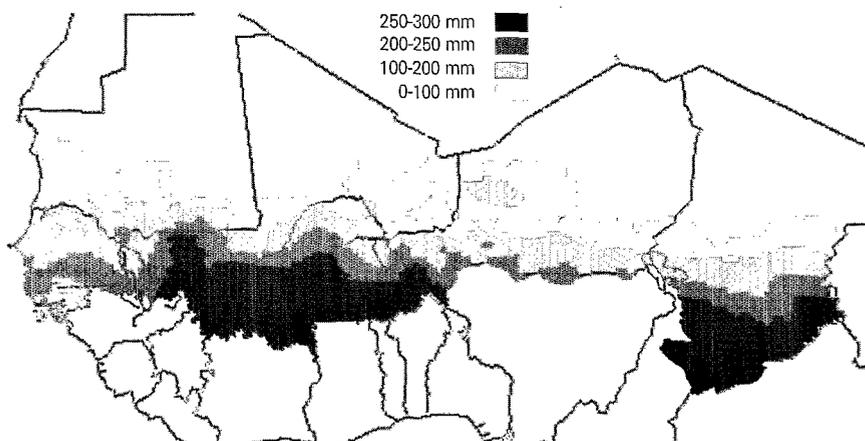


Figure 4 : Bilan hydrique simulé à partir des données pluviométriques de 150 postes sur la zone CILSS ETR en mm pour une culture de mil 90 jours semée le 1^{er} juin 1993 ; simulation par le programme DHC4 et krigeage des valeurs suivant une grille de 0,25°.

D'après les résultats du tableau illustrés par la figure 3, on peut conclure que les champs pluviométriques comme données d'entrée dans un bilan hydrique permettent d'obtenir des résultats très proches de ceux obtenus à partir des données stationnelles. La spatialisation des termes du bilan hydrique à l'échelle régionale ne se heurte donc pas au problème de validité des champs pluviométriques. L'image des ETR obtenue à partir des champs pluviométriques pouvant être considérée comme la référence par rapport aux images obtenues à partir de données postes interpolées.

La comparaison des images de valeurs d'ETR pour 1993 issues de l'interpolation par krigeage (maille de 0,25 degrés) à partir des données de 150 postes (cf. figure 4) et de 600 postes (cf. figure 5) permet de visualiser l'incertitude sur l'estimation des ETR

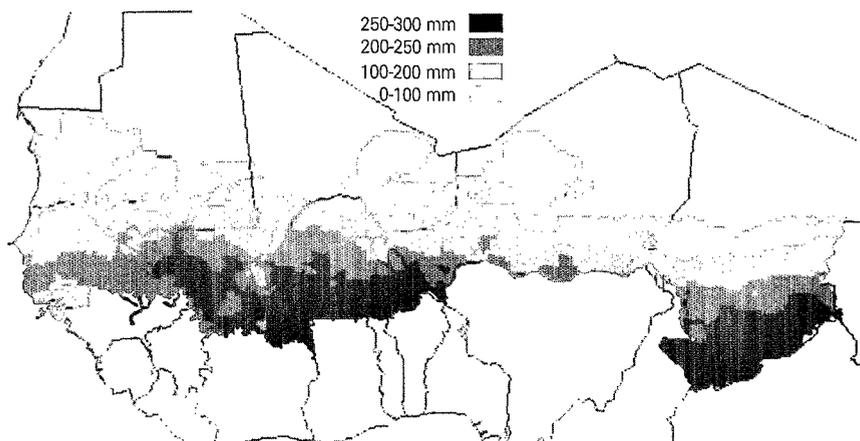


Figure 5 : Bilan hydrique simulé à partir des données pluviométriques de 600 postes sur la zone CILSS ETR en mm pour une culture de mil 90 jours semée le 1^{er} juin 1993 ; simulation par le programme DHC4 et le krigeage des valeurs suivant une grille de 0,25°.

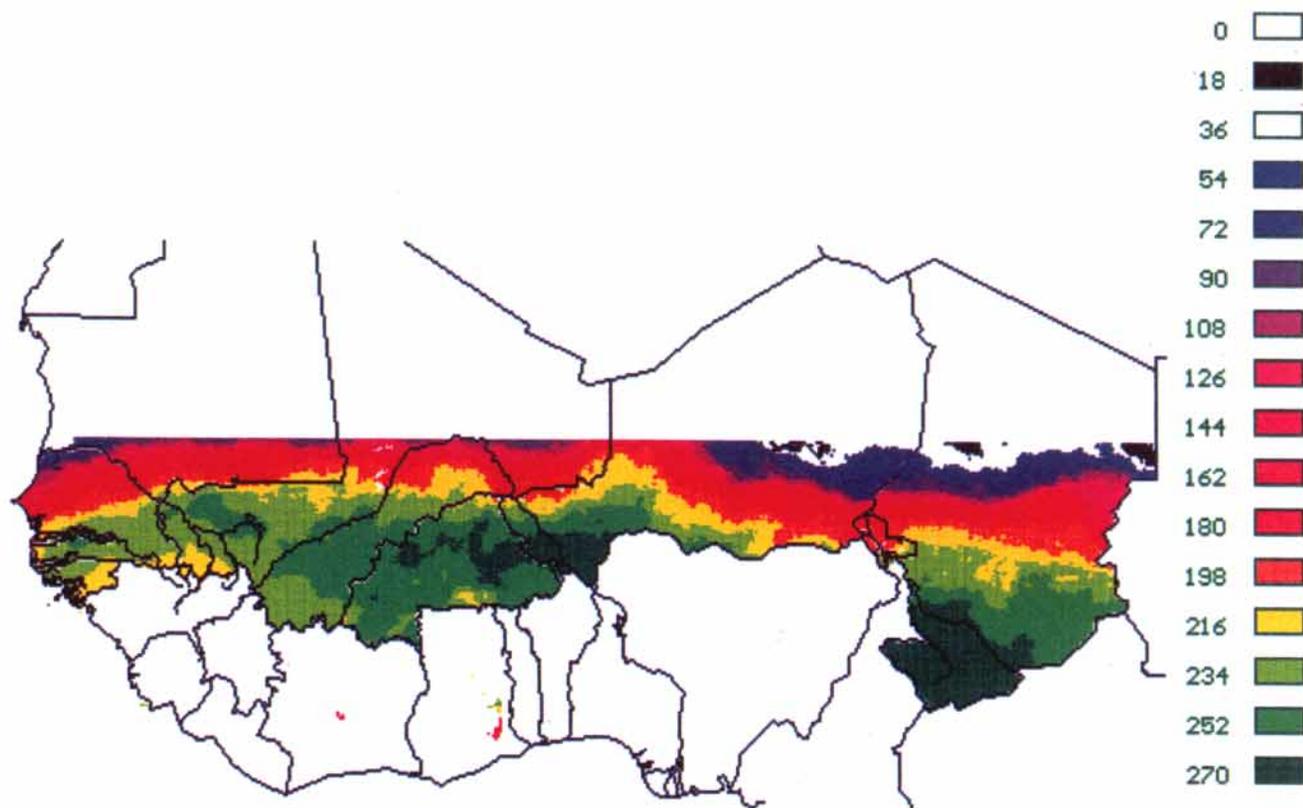


Figure 6 : Bilan hydrique simulé à partir des données pluviométriques estimées à partir de MÉTÉOSAT ETR en mm pour une culture de mil 90 jours semée le 1^{er} juin 1994 ; les algorithmes de calcul sont ceux du programme DHC4.

entre chaque poste. L'analyse statistique par régression linéaire entre les deux images au niveau du Burkina Faso confirme cette hypothèse, étant donné que le coefficient de corrélation est de 0.74.

D'après ces premiers résultats, on note que l'interpolation des données à partir de données de postes pluviométriques ne permet pas d'approcher avec fiabilité la distribution spatiale des précipitations comme cela peut être possible à partir de champs pluviométriques (cf. figure 6).

Dans le cadre de notre sujet d'intérêt, à savoir le diagnostic hydrique des cultures en cours de campagne, la méthode des champs pluviométriques apporte un bien meilleur degré de fiabilité que celui fourni par l'interpolation des données de postes disponibles. L'information fournie par MÉTÉOSAT est de plus disponible en temps réel.

Enfin, cette méthode permet de connaître les conditions agroclimatiques en vigueur dans les zones éloignées où l'information n'est pas disponible en cours de campagne voire des zones dépourvues de point de mesure.

Défauts de la méthode

Si l'on compare les valeurs champs pluviométriques aux valeurs postes, l'estimation des pluies par satellite n'est pas d'une très bonne précision. À l'heure actuelle, les méthodes de mesure au sol ne permettent pas d'estimer avec fiabilité la variabilité spatiale des précipitations. L'expérience EPSAT Niger a montré que même en disposant d'un réseau de mesure très dense (plus de 100 pluviomètres sur un degré carré) la pluviométrie est une variable difficile à régionaliser.

La relation qui permet de passer des occurrences de nuages à sommet froid aux précipitations sur l'ensemble de la zone du CILSS est une relation linéaire qui peut se décomposer en plusieurs sous-relations correspondant respectivement à des zones climatiques homogènes mais distinctes. Ces sous-relations sont au départ d'assez mauvaise qualité si les paramètres d'estimation sont les mêmes pour toute la zone. La difficulté est d'identifier ces zones et de calculer les paramètres d'estimation spécifiques à chacune de ces zones.

En cours de campagne, l'estimation des précipitations est réalisée en se basant sur la climatologie, à défaut de données sur la saison en nombre suffisant. Cette méthode qui donne d'ailleurs de meilleurs résultats que les estimations calibrées sur les données en cours d'année (réseau lâche) ne permet pas, toutefois, de rendre compte des événements exceptionnels (précipitations supérieures à 100 mm).

Quand on compare les données de pluies estimées par rapport aux valeurs de postes, on note que les valeurs issues des champs pluviométriques sont souvent sous-estimées pour les cumuls décennaux dépassant 70 mm.

Dans le cadre de la simulation du bilan hydrique, les termes du bilan ne varient plus quand l'eau disponible dans le sol est égale à la capacité de rétention en eau du sol. Seul le terme drainage peut varier et être alors sous-estimé.

II - INTÉGRATION DANS UN SYSTÈME D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE

L'utilisation d'images de résolution moyenne comme données d'entrée dans le modèle de bilan hydrique permet aussi d'intégrer d'autres paramètres d'entrée sous forme de plans d'information digitalisés.

Ces paramètres nécessaires au modèle sont :

- la réserve utile du sol ;
- les coefficients culturaux en fonction de la longueur de cycle, de la culture et de sa situation géographique.

Les cartes pédologiques au 1/500 000 interprétées en termes de réserve utile et digitalisées (base de données AGRHYMET) permettent de prendre en compte le facteur sol avec une bien meilleure précision que dans le cas d'un modèle avec données stationnelles.

Les plans d'information disponibles sur les taux d'occupation du sol par les différentes cultures peuvent être intégrés afin de simuler le bilan hydrique pour chaque culture dans les limites de son aire de production.

La régionalisation des résultats (moyenne par unité administrative) est réalisée par l'extraction des pixels présents dans les limites du vecteur de l'unité administrative.

Cette représentation permet d'avoir une appréciation du déroulement de la campagne adaptée aux exigences de la gestion du territoire.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

GIRARD X., BARON C., CORTIER B., 1994 - DHC4 Logiciel de diagnostic hydrique des cultures. *Manuel d'utilisation*, AGRHYMET.

GIRARD X., BALLU S., 1993 - Évolution du DHC pour l'intégration des champs pluviométriques : sensibilité des termes du bilan hydrique simulé au pas de temps de calcul. *Atelier Estimation des pluies par satellite*. Centre AGRHYMET, Niamey, décembre 1993.

FOREST F., CORTIER B., 1990 - *Le diagnostic hydrique des cultures et la prévision du rendement régional du mil cultivé dans les pays du CILSS*. IRAT/CIRAD/AGRHYMET/IAHS. Publication n° 199 : 547-557.

CORTIER B., 1994 - Le diagnostic hydrique des cultures et la prévision précoce des rendements en zone sahélienne. *Le bilan hydrique agricole et sécheresse en Afrique tropicale*. J. Libbey Eurotext, Paris.

GOZE E., 1990 - *Modèle stochastique de la pluviométrie au Sahel. Application à l'agronomie*. Thèse de doctorat, USTL Montpellier.