

## Semis direct dans l'aménagement de Sanguéré-Djalingo (Cameroun)

Gilbert Vallée, Mathurin M'Biandoun, Francis Forest

### Le milieu physique de Garoua (Nord-Cameroun)

Les sols ferrugineux tropicaux couvrent environ 2 millions d'hectares au Nord-Cameroun. Ils sont, le plus souvent, consacrés aux cultures cotonnières et vivrières en Afrique de l'Ouest et en Afrique centrale. Dans la région de Garoua, de colonisation récente, ils couvrent environ 187 000 hectares dont plus de 50 % sont mis en culture.

Ces sols sont réputés fragiles [1], avec un faible niveau de fertilité dû à leur texture très sableuse et à la nature gréseuse du matériau originel. Les horizons superficiels ont une capacité d'échange cationique (CEC) faible et un pH voisin de 6 avant mise en culture ; ils sont riches en sable, pauvres en argile et en matière organique avec un taux de carbone variant de 0,2 à 0,6 %. Ces sols, très hétérogènes, sont mal structurés, très compacts en saison sèche et très sensibles à l'érosion hydrique du fait du modelé existant.

Les systèmes traditionnels de culture manuelle, fondés sur une alternance de

jachère et de cultures, permettaient une certaine conservation des sols par reconstitution de leur stock de matière organique. Par ailleurs, les pratiques culturales se limitaient à un travail très superficiel du sol, la mise en culture ne dépassait pas quelques années, les engrais n'étaient pas employés et la remise en jachère était rapide.

L'introduction de nouveaux systèmes, fondés sur une culture de rente (cotonnier en l'occurrence), et de nouvelles techniques de travail du sol (labour en culture attelée ou petite motorisation), associée à la sédentarisation et à la forte augmentation de la population, a entraîné une profonde modification des systèmes traditionnels.

On observe actuellement une diminution (voire une suppression) des jachères, une rotation cotonnière-céréales avec brûlis des tiges de cotonnier et exportation des pailles de céréales prélevées par les troupeaux (donc sans apport de matière organique) et une augmentation initiale du rendement (sous l'effet d'un meilleur travail du sol, l'enracinement des plantes est plus développé, le stockage de l'eau amélioré et le contrôle de l'enherbement facilité).

Cependant, cet effet n'est pas durable en raison de la non-compensation des exportations minérales par la fumure vulgarisée, qui n'est, par ailleurs, que très partiellement appliquée sur les céréales.

L'ensemble de ces facteurs conduit à une diminution de la fertilité du milieu, illustrant bien l'effet d'un état de crise des systèmes agraires actuels [2] : les agriculteurs n'ayant pas les moyens de

préserver le stock de matière organique (limité au recyclage de la biomasse racinaire), il y a appauvrissement du sol et destruction du complexe argilo-humique. Il en résulte une érosion en nappe évoluant très rapidement vers des ravines, dont l'origine est liée à quatre causes fondamentales [3-6].

- L'intensité de la pluie [3, 7] est l'un des paramètres principaux liés à l'érosion. À Garoua, sur la période 1991-1994, l'intensité de la pluie a augmenté avec le volume pluviométrique : 60 % des pluies sont agressives et présentent une intensité supérieure 40 millimètres/heure [8], d'où des phénomènes d'engorgement, d'encroûtement et de ruissellement.

- L'appauvrissement en particules fines, par érosion sélective et par ruissellement en nappe [3, 4], entraîne la création d'un horizon superficiel de plus en plus sableux et propice à la formation de croûtes, ce qui augmente les phénomènes de ruissellement [9]. Au Sénégal, on a étudié la dégradation des couches superficielles du sol sous l'action des pluies tropicales qui, dans certaines conditions, entraînent un accroissement de la cohésion et de la compacité des assemblages terreux [7, 10].

- La minéralisation des matières organiques existantes lors de la mise en culture est accélérée par le travail répété du sol, et non compensée par les systèmes de culture actuels. Or, la diminution du taux de matière organique aurait une influence sur la sensibilité des sols au compactage [3].

- La réduction de l'activité biologique est constatée après quelques années de culture, avec disparition des vers de terre,

G. Vallée : CIRAD-CA, détaché au ministère de la Coopération, Projet Garoua Ira-CIRAD-CFD-FAC, BP 33, Maroua, Cameroun.

M. M'Biandoun : IRA, Station de Garoua, BP 33, Maoue, Cameroun.

F. Forest : CIRAD-CA, 2477, avenue du Val-de-Montferrand, BP 5035, 34032 Montpellier cedex 1, France.

Tirés à part : G. Vallée

## Summary

### Direct sowing systems in the Garoua zone (North Cameroun)

G. Vallée, M. Biandoun, F. Forest

In northern Cameroun, the tropical ferruginous soils are mainly given over to rain-fed cultures. Due to the cultivation systems practised and the intensity of the rainfall, these fragile soils are subject to erosion. With a view to limiting this, we compared the tilling-based system with a system of direct-sown, mulched corn cultivation and no working of the soil. Using the computer program Bipode, we carried out theoretical simulations of the water cycle in both systems. The simulations were compared to results obtained in the field. We noted a significant improvement in the efficiency of the rainfall, measured by the summation of productive flux (AE), for the direct-sown corn culture. It was also possible to grow cowpeas as a cash-crop. The positive effects on erosion mean that direct sowing of corn could, in the long run, be a worthwhile alternative to tilling.

Cahiers Agricultures 1996 ; 5 : 161-9.

dont les galeries jouent un rôle important dans la circulation de l'eau, et remontée en surface d'argile et d'éléments minéraux [5, 9].

Les mesures sur bassins versants représentatifs montrent que l'érosion entraîne des pertes en terre pouvant aller de 0,5 à 35 t/ha/an, selon les techniques culturales, pour des pentes inférieures à 3 % [3, 5], avec dégradation des sols et augmentation des stress hydriques, bien que

la pluviosité soit suffisante pour satisfaire les besoins en eau des cultures [11].

Les systèmes de culture pratiqués influent donc sur la dynamique de l'eau à l'échelle de la parcelle ; il semble que les pratiques culturales actuelles entraînent un dysfonctionnement hydrique des sols qui compromet la durabilité des systèmes de culture, les phénomènes d'érosion, déjà très préoccupants, ne pouvant que s'aggraver. Sous-estimée il y a cinq

ans à peine, l'érosion est maintenant considérée comme un des problèmes majeurs de l'agriculture au Nord-Cameroun.

## L'aménagement pilote de Sanguéré

Dans l'objectif de sensibiliser les sociétés de développement et les paysans sur les possibilités de lutte agronomique contre l'érosion, l'équipe « Système de culture » de l'Institut de recherches agronomiques (IRA) s'est investie, dans le cadre de la première phase du Projet Garoua, dans la réalisation d'un aménagement anti-érosif pilote sur le terroir villageois de Sanguéré-Djalingo. Situé à 18 kilomètres de Garoua (9° 13' de latitude N. et 13° 26' de longitude E.), le village de Djalingo a été créé au début des années 60 ; les terres proches du village sont très appauvries et l'on peut y observer de graves problèmes d'érosion, sources de préoccupation pour les villageois. Ils se sont donc impliqués dans l'aménagement d'un petit bassin versant d'environ 90 hectares, sur un sol ferrugineux tropical dont le substratum est formé de grès quartzeux. La région de Garoua, dont l'altitude varie entre 250 et 300 mètres, bénéficie d'un climat de type soudanien avec une saison des pluies et une pluviométrie moyenne de 900 à 1 000 millimètres. La végétation naturelle y est de type savane arborée à *Butyrosperma* sp., *Danielli* sp., *Burkea* sp. et à graminées vivaces (*Andropogon gayanus*).

Le principe de l'aménagement retenu est celui des ados avec fossé en amont de chaque bourrelet pour le détournement des eaux de ruissellement (photos 1 et 2), et remise à niveau tous les cent mètres, ce qui donne des zones de compensation consacrées à la plantation d'arbres (bois d'œuvre et fruitiers). Les eaux de ruissellement du versant naissent sur les zones rocheuses (haut de la toposéquence) à sols peu profonds et sur les champs à surface encroûtée. Elles se rassemblent sur les pistes rurales qui se transforment vite en ravines. Cette situation a conduit, selon un modèle employé au Brésil, à la création d'une route de protection, passant en surplomb des ados et réalisée à partir de la terre prélevée lors du creusement de deux trous destinés à la récupération de l'eau de chaque côté de la piste et en amont des bourrelets (photos 3 et 4).

## Tableau 1

### Coefficients culturaux (Kc = ETRM/ETP) en pourcentage

| Technique | Labour | Semis direct |              |              |
|-----------|--------|--------------|--------------|--------------|
|           |        | Maïs         | Calopogonium | Niébé dérobé |
| Décade 1  | 63     | 36           | 37           | 42           |
| 2         | 75     | 43           | 43           | 60           |
| 3         | 85     | 47           | 47           | 74           |
| 4         | 105    | 80           | 80           | 97           |
| 5         | 110    | 110          | 110          | 106          |
| 6         | 117    | 120          | -            | 108          |
| 7         | 117    | 120          | -            | 80           |
| 8         | 117    | 120          | -            | -            |
| 9         | 117    | 120          | -            | -            |
| 10        | 90     | 120          | -            | -            |
| 11        | 84     | 100          | -            | -            |

Sources : base de données CIRAD-CA, Unité de recherche gestion de l'eau, 1994.  
ETRM : évapotranspiration réelle maximale ; ETP : évapotranspiration potentielle.

### Cultural coefficients (Kc = ME/AE) as percentages



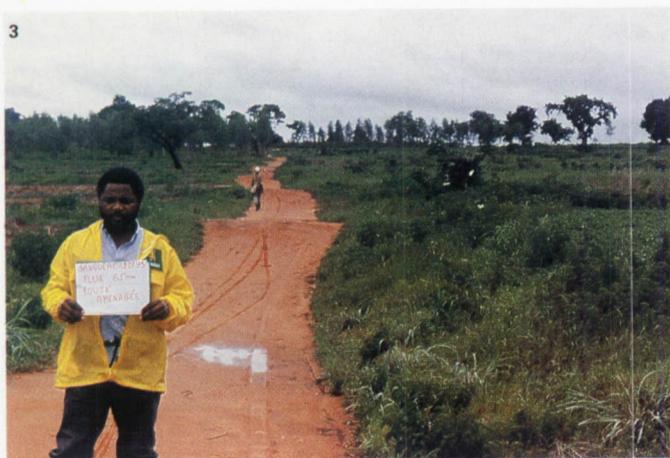
**Photo 1.** Périmètre anti-érosif de Sanguéré-Djalingo au Nord-Cameroun. Vue aérienne d'un aménagement avec diversion des eaux de ruissellement (cliché G. Vallée).

**Photo 1.** Anti-erosion perimeter of Sanguéré-Djalingo in North Cameroon. Aerial view of the development, with diversion of run-off water (photo G. Vallée).



**Photo 2.** Vue de l'aménagement de Sanguéré-Djalingo : au premier plan, zone de compensation en pâturage naturel ; au deuxième plan, quatre bandes cultivées selon les courbes de niveau lissées ; au troisième plan, seconde zone de compensation plantée en eucalyptus (cliché G. Vallée).

**Photo 2.** View of the Sanguéré-Djalingo development : foreground, natural pasture compensation zone ; centre, four cultivated strips following smoothed contours ; background, a second compensation zone planted with eucalyptus.



**Photos 3 et 4.** Après une pluie de 65 mm (12 juillet 1993). 3 : aspect de la piste bien drainée du périmètre aménagé ; 4 : piste inondée hors aménagement (clichés G. Vallée).

**Photos 3 and 4.** After 65 mm rainfall (12 July, 1993). 3 : aspect of the well-drained track on the developed perimeter ; 4 : flooded track outside the development.

## Présentation des systèmes de culture

Le programme « Système de culture » de l'IRA a loué quelques hectares afin de pouvoir y réaliser des expérimentations en grandeur réelle. En 1990, on a implanté un essai visant à étudier le

comportement d'un sol ferrugineux tropical sous l'action de deux systèmes de culture, sur une rotation cotonnier-maïs.

Le système préconisé par la Sodecoton comprend une préparation du sol avec labour en traction animale, suivie d'un buttage au 30<sup>e</sup> jour sur cotonnier, un traitement herbicide de prélevée sur coton et maïs et la fertilisation NPK vulgarisée. Ce système est comparé avec le système

de semis direct sans travail du sol, avec litière (paillis), caractérisé par :

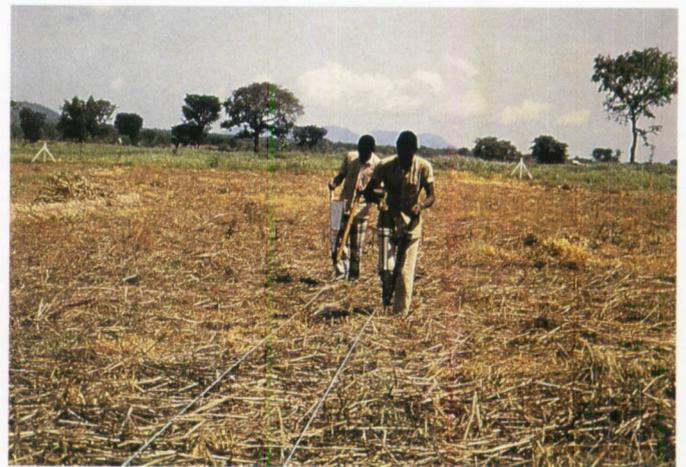
- « zéro » travail du sol (sauf en première année pour l'implantation du dispositif), avec conservation des résidus de culture de façon à former un paillage, amélioré par une plante de couverture (*Calopogonium muconoides*) semée en sec, juste avant les premières pluies du cycle. En respectant la date de semis optimale du maïs, un délai de 40 à 50 jours après la



5

**Photos 5 et 6.** Semis direct à l'aide du semoir manuel brésilien. 5 : semoir avec distributeur d'engrais incorporé ; 6 : semis direct sur litière (clichés G. Vallée).

**Photos 5 and 6.** Direct-sowing with a Brazilian multi-seed manual sower. 5 : sower with fertilizer spreader incorporated ; 6 : direct-sowing onto mulch.



6

pluie (moyenne sur 28 ans) permet à la plante de couverture de germer et de se développer ;

- destruction, avant semis, des plantes adventices et de la plante de couverture par application d'herbicide (paraquat ou glyphosate, à 4 l/ha de produit commercial) ;

- semis direct du maïs ou du cotonnier avec canne planteuse (semoir manuel brésilien), permettant en même temps une localisation de l'engrais (photos 5 et 6) ;

- contrôle des repousses des mauvaises herbes par traitement herbicide et/ou désherbage manuel ;

- valorisation du reliquat d'eau obtenu par la technique du semis direct, par semis d'un niébé (*Vigna unguiculata*) de cycle court en culture dérobée, 30 jours avant la récolte du maïs.

Ces systèmes sont comparés, dans un dispositif en série à deux répétitions, sur des parcelles de 1 250 m<sup>2</sup> ayant fait l'objet d'un prélèvement de sol en début et en fin d'expérimentation. Chaque parcelle est équipée de deux tubes d'accès pour humidimètre neutronique assurant le suivi des profils hydriques et le calage du paramètre réserve utile en eau (RU) [11]. Le dispositif d'observation est complété par des tensiomètres, des bacs Orstom de 1 m<sup>2</sup> pour la mesure du ruissellement, un pluviomètre à lecture directe et une station climatologique automatique à sept voies.

Deux autres dispositifs permettant de comparer le semis direct au labour ont

également été installés dès 1990, à N'dock et Touboro, en parcelles de 1 500 m<sup>2</sup> dont les rendements ont été utilisés pour la comparaison au champ.

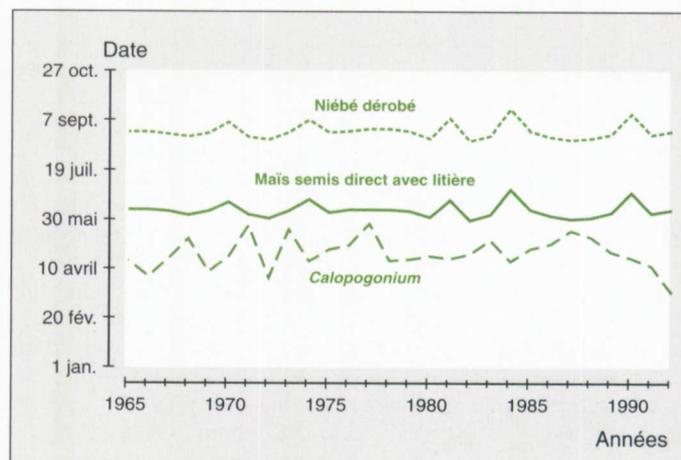
## Diagnostic hydrique comparatif des systèmes de culture

Les besoins en eau des cultures de maïs et de niébé sont connus [12]. Pour le couvert de *Calopogonium*, ces besoins sont considérés comme équivalents à ceux d'une repousse de jachère herbacée. Nous ferons, tout d'abord, une simula-

tion théorique du fonctionnement hydrique des deux systèmes de culture comparés, puis une présentation des résultats obtenus au champ pour arriver à une discussion rendant compte des différences entre le modèle et la réalité.

## Simulation du fonctionnement hydrique

Le logiciel du bilan hydrique Bipode [13], issu d'un modèle simple couvert-atmosphère de type « piston » [14], a été utilisé pour calculer les termes du bilan hydrique, en particulier le ruissellement au champ (Rr), l'évapotranspiration réelle (ETR) et



**Figure 1.** Calendrier des dates de semis (technique du semis direct) à Sanguéré.

**Figure 1.** Sowing calendar (direct-sowing technique) at Sanguéré.

## Paramètres relatifs à l'offre en eau

La réserve utile en eau du sol (RU) varie de 60 à 100 millimètres, en fonction des observations *in situ*; les coefficients culturaux (Kc) nécessaires à l'estimation des besoins du couvert ( $ETM = Kc \times ETP \times 1$ ), avec et sans couverture, sont estimés à partir des travaux de Dancette [12], en Afrique de l'Ouest, et de Scopel au Mexique [15] (tableau 1); le paramétrage des pertes par ruissellement est réalisé, à partir des estimations en zone sahélienne qui calculent les lames ruisselées (Lr) cumulées sur le cycle de culture en fonction de l'évolution de l'état de surface du sol cultivé [4, 9]. Les hypothèses suivantes ont été retenues : sous semis direct, la lame de ruissellement Lr (mm) est considérée comme nulle; sous labour, la lame Lr (mm) est calculée selon l'équation :

$$Lr \text{ (mm)} = 0,2 P + 0,003 IK + 0,004 P \times IK - 3,$$

qui décrit une porosité vésiculaire faible, avec IK = indice de pluie antérieure [16] et P = pluie (mm).

À partir de ces hypothèses simplifiées sur l'estimation de la demande et de l'offre en eau, les termes du bilan hydrique ont été calculés en utilisant :

- les relevés pluviométriques journaliers pour la période 1965-1992 ;
- le calendrier cultural du maïs tel qu'il a été précisé pour Garoua (Nord-Cameroun) [17], ce qui a permis d'établir, pour chacune des vingt-sept années, un calendrier théorique des trois cultures (figure 1), avec les données suivantes :
  - événement pluie (PJ1) pour la germination du *Calopogonium* (numéro calendaire du jour et valeur de la pluie),
  - nombre de jours disponibles et somme des pluies pour la culture du *Calopogonium*,
  - événement pluie (JP2) pour le semis du maïs, valeur de la pluie et date de semis (JP3 = JP2 + 1) en respectant la calendrier proposé par la recherche, soit une date médiane de semis autour du 10 juin,
  - date de récolte du maïs de 110 jours, JP4 = JP3 + 110,
  - date de semis du niébé, JP5 = JP4 - 30,
  - date de récolte du niébé de 70 jours, JP6 = JP5 + 70,
  - somme des pluies reçues par le niébé, ou Sompluie (JP5, JP6),
  - nombre de jours sans pluie (SomJOP) avant la récolte ;
- le critère d'état de surface qui varie de l'état 0 pour une porosité vésiculaire forte (> 30 %) à l'état 1 pour une porosité vésiculaire moyenne (5-30 %) ;
- les cycles de culture, pris en compte dans la simulation, et les états de surface qui leur sont associés.

Les besoins en eau du maïs pour les deux systèmes de cultures comparés tiennent compte de l'effet de la couverture du sol sur la dynamique d'évaporation. Ceci se traduit (tableau 2) par des besoins en eau significativement plus faibles pour le traitement semis direct avec litière (ou paillage) et plante de couverture.

### Water-availability parameters

## Tableau 2

**Facteurs de la demande en eau des couverts végétaux pour la période du 11 juin au 30 septembre sur 27 ans (poste pluviométrique de Garoua : 1965-1992)**

| Système technique                | ETRM (mm) | ETP (mm) (Penman) | Kc moyen (ETRM/ETP) | Lr (mm) |
|----------------------------------|-----------|-------------------|---------------------|---------|
| Maïs avec labour                 | 490       | 510               | 0,96                | 89      |
| Maïs avec semis direct + litière | 425       | 510               | 0,83                | 0       |
| Différence                       | - 65      | -                 | 0,13                | - 89    |

ETRM : évapotranspiration réelle maximale ; ETP : évapotranspiration potentielle ; Kc : coefficient cultural ; Lr : lame ruisselée.

**Water demand of cover crops for the period 11 June to 30 September over 27 years in Garoua**

le drainage (Dr) sous culture pour chaque cycle de culture, de 1965 à 1992.

Pour caractériser l'effet des traitements sur l'offre en eau, un nombre minimum de paramètres est pris en compte (encadré).

À partir des connaissances acquises sur les relations eau-rendement pour les cultures de maïs et de niébé [12], il a été possible d'estimer les productions espérées pour les deux systèmes de culture comparés.

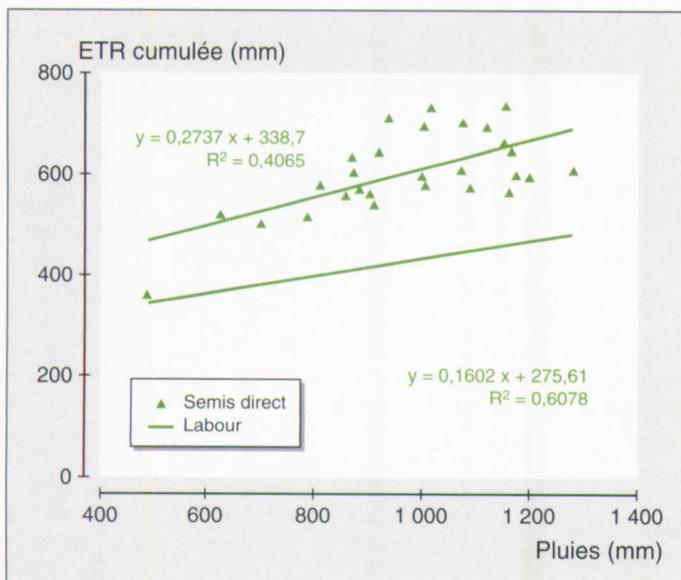
Le cumul des flux productifs (ETR) a été comparé, chaque année, à la quantité de pluie au cours des cycles de végétation, caractérisant le traitement labour et le traitement semis direct (figure 2).

La simulation du bilan hydrique sur 27 années permet de caractériser la relation entre la ressource pluviométrique et la pluie utile ( $ETR = a \times \text{pluie} + b$ ), soit, pour le semis direct,  $ETR = 0,27 \times P + 339$  (avec  $R^2 = 0,40$ ) et, pour le labour,  $ETR = 0,16 \times P + 275$  (avec  $R^2 = 0,60$ ).

La comparaison met en évidence une meilleure utilisation de la ressource pluviométrique du système en semis direct. Par ailleurs, la météo-dépendance de ce système est minimisée, le coefficient d'explication  $R^2$  passant de 0,60 à 0,40. Ce résultat confirme donc l'intérêt du système en semis direct dans les zones soumises au risque de sécheresse au cours de la période de culture. L'économie d'eau autorisée par la culture du maïs sous litière, valorisée par le niébé, s'élève, cinq années sur dix, à 174 millimètres pour les sols ferrugineux superficiels (RU = 60 mm) et à 205 millimètres pour les sols plus profonds (RU = 100 millimètres).

L'équation pour l'estimation du rendement espéré selon les termes du bilan hydrique [18] (figures 3 et 4) a été adaptée au cas du semis direct [19], pour lequel l'amélioration de l'efficacité de l'eau est estimée à 18,75 %. En prenant en compte l'hétérogénéité du facteur réserve en eau (RU) dont l'importance a été mise en évidence sur le terrain (RU variant de 50 à 120 millimètres pour un même champ), on a simulé une fonction de rendement pour le Nord-Cameroun qui donne : pour le maïs avec labour :  $R = 16 \times (ETR/ETM_{p.c.} \times ETR_c) - 2 580$ , pour le maïs avec semis direct :  $R = 19 \times (ETR/ETM_{p.c.} \times ETR_c) - 2 580$ , et pour le niébé avec semis direct :  $R = 2,5 ETR_c$ , avec R en kg/ha, p.c. : période critique et c. : cycle.

Le semis direct accroît d'environ 10 % le rendement atteint ou dépassé cinq années sur dix, avec production de niébé de cycle court (70 jours), mis en place en dérobé trente jours avant la récolte du



**Figure 2.** Relation entre l'évapotranspiration réelle (ETR) et la hauteur pluviométrique cumulée.

**Figure 2.** Relationship between actual evapotranspiration (AE) and accumulated rainfall levels.

maïs, avec une productivité minimale de 200 kg/ha (tableaux 3 et 4) [12]. En année sèche ou moyenne, le semis direct fournit des rendements potentiels très supérieurs au labour tandis que, en cas de très bonne répartition des pluies, le rendement potentiel obtenu sur labour approche celui du semis direct.

Quelle que soit la pluviométrie, une plus-value significative de production de niébé grain est attendue de la technique du semis direct avec paillis. En 1987, avec un rendement en maïs réduit (tableau 3), la

technique du semis direct a maintenu la productivité de la culture de niébé dérobée à un niveau intéressant pour le paysan.

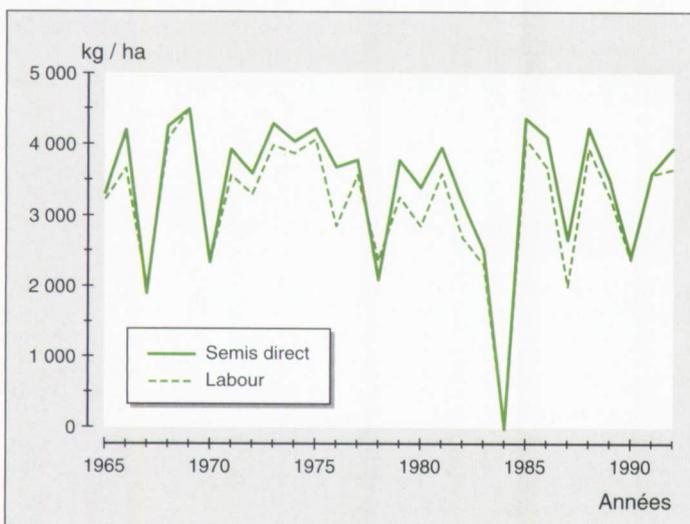
### Vérification expérimentale au champ

Sur la totalité du cycle, 9,3 t/ha de terre ont été emportées pour le traitement « labour » (dont 82 % lors de quatre événements pluvieux et 50 % pour les deux

pluies des 8 et 12 juillet, avec 38 et 45 mm). Aucun transport de terre n'a été observé sur le paillis.

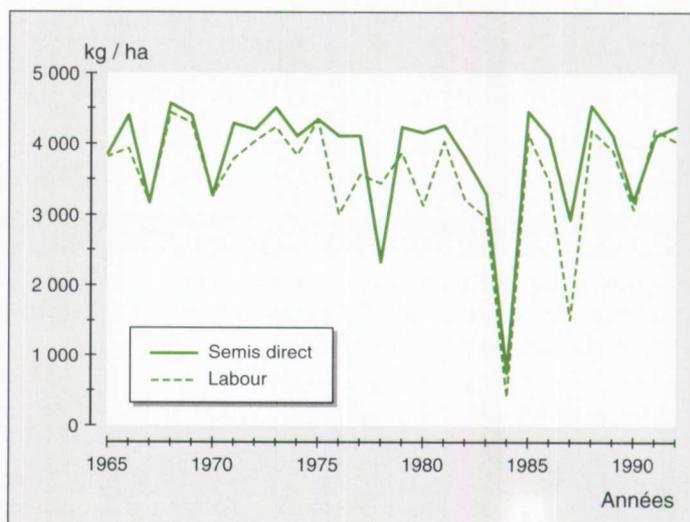
En 1994, une grande différence de ruissellement a été observée entre les deux traitements. Pour le labour, le coefficient de ruissellement mesuré sur une surface élémentaire de 1 m<sup>2</sup> (bac Orstom) varie de 5 % (période de culture) à 8,5 % (période entre le 7 juin et le 10 août) et peut atteindre 45 % pour un événement pluviométrique (38 millimètres le 8 juillet 1994). Pour le semis direct, le coefficient de ruissellement a été inférieur à 0,1 % au cours de la saison. Pour la pluie du 8 juillet 1994, la lame de ruissellement mesurée est restée inférieure à 0,5 millimètre.

L'hypothèse émise pour la simulation du ruissellement (Lr(mm) = 0 pour le semis direct) est donc validée. Pour le labour, les résultats de terrain sont inférieurs à la valeur de 15 % obtenue à l'aide des équations proposées [9]. Une seule année d'observation est insuffisante pour valider une fonction de ruissellement sous culture labourée. En 1994, à Mbissri (Nord-Cameroun), des parcelles d'érosion de type Wischmeier cultivées en maïs [20] ont fourni des coefficients de ruissellement annuels moyens sur labour de 18 à 20 %, très voisins du coefficient de 15 % retenu pour la simulation. D'autres auteurs confirment ces résultats sur sols cultivés en Afrique de l'Ouest [20, 21]. Les mesures de stockage de l'eau effec-



**Figure 3.** Rendement en maïs grain espéré : comparaison entre un semis direct avec litière et un labour pour une réserve utile (RU) de 60 mm à Sanguéré (IRA).

**Figure 3.** Anticipated yields of seed corn : comparison between direct-sown cultivation with mulching and cultivation with tilling, for a useful reserve (UR) of 60 mm, at Sanguéré (IRA).



**Figure 4.** Rendement en maïs grain espéré : comparaison entre un semis direct avec litière et un labour pour une réserve utile (RU) de 100 mm à Sanguéré (IRA).

**Figure 4.** Anticipated yields of seed corn : comparison between direct-sown cultivation with mulching and cultivation with tilling, for a useful reserve (UR) of 100 mm, at Sanguéré (IRA).

### Tableau 3

Rendement espéré du maïs (kg/ha) pour une année humide (1968), une année sèche (1987) et une année moyenne (1980)

| Année               | Réserve utile 60 mm |            |              | Réserve utile 100 mm |            |              |
|---------------------|---------------------|------------|--------------|----------------------|------------|--------------|
|                     | Semis direct (SD)   | Labour (L) | Écart (SD-L) | Semis direct (SD)    | Labour (L) | Écart (SD-L) |
| 1968                | 4 279               | 4 092      | 187          | 4 564                | 120        | 4 444        |
| 1987                | 2 664               | 1 980      | 684          | 2 930                | 1 414      | 1 516        |
| 1980                | 3 424               | 2 860      | 564          | 4 146                | 1 030      | 3 116        |
| Écart type (27 ans) | 938                 | —          | 996          | 811                  | —          | 874          |

Anticipated yields of corn (kg/ha) for a wet year (1968), a dry year (1987) and an average year (1980)

### Tableau 4

Rendement espéré du niébé (kg/ha) pour une année humide (1968), une année sèche (1987) et une année moyenne (1980)

| Année               | Réserve utile |            | Écart (2) - (1) |
|---------------------|---------------|------------|-----------------|
|                     | 60 mm (1)     | 100 mm (2) |                 |
| 1968                | 308           | 385        | 77              |
| 1987                | 298           | 378        | 80              |
| 1980                | 433           | 500        | 67              |
| Écart type (27 ans) | 90            | 103        | —               |

Anticipated yield of cowpea (kg/ha) for a wet year (1968), a dry year (1987) and an average year (1980)

tuées au champ à l'aide d'humidimètres neutroniques, durant les campagnes 1991, 1992 et 1993, ont fait ressortir des profils plus secs pour le traitement « labour », un remplissage plus rapide des couches supérieures pour le traitement semis direct et un meilleur stockage de l'eau pour le traitement semis direct avec litière ; la comparaison des stocks effectuée sur quatre mesures au cours de la saison des pluies (maïs au 65<sup>e</sup> jour)

montre que le stock d'eau, à 120 centimètres de profondeur, passe de 181 millimètres pour le « labour » à 226 millimètres pour le semis direct, soit un gain de réserve hydrique de 25 % [18].

En 1992, 1993 et 1994, les mesures *in situ* du bilan hydrique ont été limitées au dispositif de Sanguéré, tandis que l'observation des rendements était étendue aux sites de Touboro et N'dock (tableau 5).

À Sanguéré, sous semis direct, les rendements en maïs grain sont sensiblement égaux à ceux obtenus sur « labour » tandis que, pour le niébé, les rendements sont inférieurs à l'estimation. Il faut noter le degré d'épuisement des sols (plus de vingt ans en culture continue), de sorte que plusieurs années seront nécessaires avant que l'effet du paillis puisse se manifester.

À Touboro depuis 1993 et à N'dock depuis 1992, les rendements en maïs sur semis direct sont, conformément au modèle, supérieurs à ceux obtenus sur « labour » dès la deuxième année ; il s'agit ici de sols ayant moins de dix ans de culture.

### Intérêt et limite du semis direct

Le semis direct a montré son intérêt quant à la productivité du maïs et la possibilité d'un « bonus » sous forme de niébé dérobé.

### Tableau 5

Rendements au champ (kg/ha) du maïs et du niébé en fonction du système de culture

| Année | Localités    | 1992   |         |        | 1993   |         |        | 1994   |         |
|-------|--------------|--------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|
|       |              | Garoua | Touboro | N'Dock | Garoua | Touboro | N'Dock | Garoua | Touboro |
| Maïs  | Labour       | 3 527  | 2 526   | 3 579  | 3 363  | 2 695   | 2 495  | 2 241  | 2 771   |
|       | Semis direct | 3 400  | 2 159   | 3 812  | 3 105  | 3 208   | 3 358  | 2 195  | 4 175   |
| Niébé | Semis direct | —      | —       | —      | 225    | 165     | 254    | 55     | 209     |

Corn and cowpea field yields (kg/ha) as a function of the cultivation system



7



8

**Photos 7 et 8.** Effets d'une pluie de 65 mm (12 juillet 1993) observés dans le bac Orstom. 7 : sur labour, observation de l'encroûtement et mesure du ruissellement ; 8 : sur paillis, absence de compaction et de ruissellement (clichés G. Vallée).

**Plates 7 and 8.** Effects of 65 millimeters rainfall (12 July, 1993) observed into the Orstom vat. 7 : on tilling, observation of the encrusting and measurement of run-off ; 8 : for direct-sowing with mulch, absence of compacting and run-off.

Ce mode de gestion augmente fortement l'excès d'eau (ou drainage) sous culture (figure 5), estimé par deux fonctions linéaires de production :

Paillis :  $y = 0,738x - 405,83$   
avec  $R^2 = 0,8261$  ;

Labour :  $y = 0,4603x - 265,12$   
avec  $R^2 = 0,8351$ .

La durabilité de la conduite du maïs en semis direct implique, sans doute, un ajustement de la fertilisation adapté à l'accroissement du flux de lixiviation, directement lié à l'amélioration de l'infiltration.

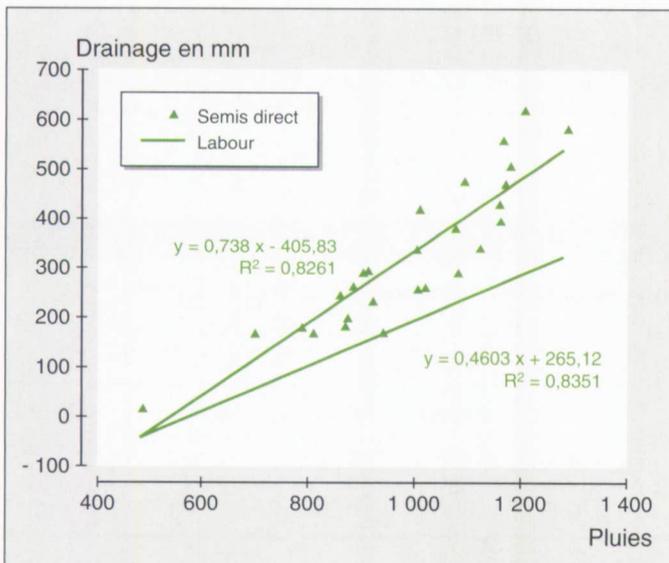
Si le semis direct comporte un effet pervers de lixiviation, le labour se caractérise à la fois par un drainage, un risque de lixiviation non négligeable et un ruissellement de surface important de 15 à 20 %, responsable (par l'érosion qu'il entraîne) d'une dégradation de la fertilité du sol, aggravée par les pratiques culturales et l'exportation systématique des résidus (photos 7 et 8).

Les différences de rendement observées entre la simulation et les résultats du champ peuvent s'expliquer comme suit :

- il faut plusieurs années avant que la technique du « zéro travail » avec paillis produise son action sur la régénération du sol ;
- l'expérimentation, réalisée dans trois localités sur un périmètre anti-érosif (aménagé en courbes de niveau avec fossés), a placé le labour en conditions optimales, ce qui est loin d'être le cas pour les reliefs vallonnés. Compte tenu de « l'agressivité » des pluies et des systèmes de culture pratiqués, l'érosion et le ruissellement représentent un des problèmes majeurs de l'agriculture au Nord-Cameroun.

Sur le plan économique, les résultats obtenus en 1992 ont valorisé la journée de travail de 2 013 F CFA pour le labour, et de 2 169 F CFA pour le paillis, à Sanguéré. En milieu paysan en 1994, à Sanguéré, cette valorisation a atteint 2 918 F CFA pour le labour, et 3 404 F CFA pour le semis direct.

Les simulations révèlent que, même avec un niébé dérobé, on observe, en semis direct, un drainage dont les valeurs moyennes sont, pour les vingt-sept années étudiées, de 140 et 108 millimètres pour des réserves utiles en eau respectives de 60 et 100 millimètres, ce qui autorise à considérer cette technique comme favorable à la recharge des nappes. Cependant, le semis direct ne peut, actuellement, être proposé tel quel aux paysans et les recherches devront



**Figure 5.** Excès d'eau sous culture au cours du cycle, pour une réserve utile (RU) de 100 mm à Sanguéré (IRA).

**Figure 5.** culture water excess during the growing cycle, for a useful reserve (UR) of 100 mm, Sanguéré (IRA).

être poursuivies, notamment en faisant alterner un labour et une période (à définir) de semis direct, ou un semis direct avec une année de légumineuse de couverture en culture pure.

## Conclusion

Dans la lutte contre l'érosion, plusieurs pays d'Amérique latine substituent actuellement la technique du semis direct, avec « zéro travail » et couverture de résidus végétaux, aux anciennes méthodes d'aménagements en courbes de niveau. Dans les pays africains de la zone soudanienne, cette nouvelle technique pourrait aussi être envisagée comme une solution aux problèmes d'érosion qui deviennent très préoccupants, notamment sur les sols ferrugineux tropicaux. Cependant, elle ne pourra être appliquée que si trois conditions sont réunies : une technicité suffisante des vulgarisateurs et des paysans ; un contrôle strict des feux de brousse ; une modification des relations agriculture-élevage avec arrêt des prélèvements des résidus par les troupeaux transhumants, ce qui suppose des changements dans le mode de propriété des terres.

Des conclusions analogues ont été obtenues à Mbissiri (sud-est de Garoua) [5]. Pour approfondir cette technique et la proposer aux agriculteurs, il faudra également étudier comment optimiser la fertilisation et les désherbages chimiques. Toutefois, certains paysans ont déjà perçu l'intérêt du système et réalisent, sur plusieurs milliers d'hectares dans certains villages, un semis direct de cotonnier et de céréales après traitement herbicide au paraquat ; cette solution est intéressante pour les exploitations ne disposant pas de traction animale ■

## Références

1. Brabant P, Gavaud M. *Les sols et les ressources en terres du Nord-Cameroun*. Coll. Cartes et notice explicative n° 103. Yaoundé, Paris : ORSTOM, MESRES-IRA, 1985 ; 285 p. + 6 cartes couleur hors texte.
2. Sebillotte M. Fertilité et systèmes de production. Essai de problématique générale. In : *Fertilité et systèmes de production*. Coll. Écologie et aménagement rural. Paris : INRA, 1989 ; 13-57.
3. Roose E. *Érosion et ruissellement en Afrique de l'Ouest. Vingt années de mesures en petites parcelles expérimentales*. Coll. Travaux et documents. Paris : ORSTOM, 1977 ; 108 p.
4. Roose E. Introduction à la gestion conservatoire de l'eau et de la fertilité des sols. *Bull Pedol*, FAO, 1994 ; 70 : 420 p.
5. Boli BZ, Roose E, Bep A, Ziem B, Kallo S, Waechter F. Effet des techniques culturales sur le ruissellement, l'érosion et la production de coton et maïs, sur un sol ferrugineux tropical sableux. *Cah ORSTOM Pedol* 1993 ; 28.
6. Seguy L, Bouzinac S, Pacheco A, Kluthcouski J. *Des modes de gestion mécanisés des sols et des cultures aux techniques de gestion en semis direct, sans travail du sol, appliquées aux cerrados du Centre-Ouest brésilien*. Goiana, Montpellier : CIRAD-IRAT, EMBRAPA-CNPAP, 1988 ; 165 p.
7. Perez P. *Genèse du ruissellement sur les sols cultivés du sud Saloum (Sénégal). Du diagnostic à l'aménagement de parcelle*. Thèse doctorat en Sciences agronomiques, ENSA Montpellier, 1994 ; 250 p.
8. Vallée G, Seiny Boukar L, M'Biandoun M, Olina JP. Fonctionnement hydrique des sols ferrugineux du Nord-Cameroun : tentatives d'amélioration de leur régime hydrique. In : Reyniers FN, Netoyo L, eds. *Bilan hydrique agricole et sécheresse en Afrique tropicale*. Paris : John Libbey Eurotext, 1994 ; 331-46.
9. Casenave A, Valentin C. *Les états de surface de la zone sahélienne. Influence sur l'infiltration*. Coll. Didactiques. Paris : ORSTOM, 1989 ; 229 p.
10. Chopart JL, Nicou R, Vachaud G. Le travail du sol et le mulch pailleux. Influence comparée sur l'économie de l'eau dans le système arachide-mil au Sénégal. *IAEA Publ* 1976 ; 235 : 199-221.
11. M'Biandoun M. *Méthodologie du zonage agro-pédo-climatique au niveau d'une petite région agricole. Le cas des terroirs de Sanguéré-Djalingo (Nord-Cameroun)*. Mémoire DAA, Ensa Rennes, IRA Nord-Cameroun, Projet Garoua II, CIRAD-CA, 1994 ; 50 p.
12. Dancette C. *Méthode pratique d'estimation des besoins en eau des principales cultures pluviales du Sénégal*. Bambeby : ISRA-CNRA, 1981 ; 26 p.
13. Vaksman M, Traore S. *Bipode logiciel de simulation du bilan hydrique des cultures*. Montpellier, Bamako : CIRAD-EIER, 1989 ; 26 p.
14. Franquin P, Forest F. Des programmes pour l'évaluation et l'analyse fréquentielle des termes du bilan hydrique. *Agron Trop* 1977 ; 32 : 7-11.
15. Scopel E. *Le semis direct avec paillis de résidus dans la région de V. Carranza au Mexique : intérêt de cette technique pour améliorer l'alimentation hydrique du maïs pluvial en zones à pluviométrie irrégulière*. Thèse doctorat de l'INA Paris-Grignon, Doc. INA-PG, CIRAD, CIMMYT, 1994 ; 353 p.
16. Chevallier P. L'indice de précipitations antérieures. Évaluation de l'humectation des sols de bassins versants représentatifs. *Cah ORSTOM ser hydrologie* 1983 ; 20 : 179-90.
17. Forest F, M'Biandoun M, Vallée G. Contribution au zonage des potentialités agroclimatiques de quelques céréales au Nord-Cameroun. Étude des dates de semis valorisant la ressource pluviométrique. Garoua, Montpellier : IRA-CIRAD, 1993 ; 28 p.
18. Girard X, Adri K. *Potentialités de la maïsiculture pluviale en Afrique subsaharienne N° R3s*. Montpellier : CORAF, CIRAD, 1992 ; 35 p.
19. Albergel J, Perez P, Vaksman M. Amélioration des modèles du bilan hydrique sur parcelle par la prise en considération des états de surface. In : Sivakumar MVK, Wallace JS, Renard C, Giroux C, eds. *Soil water balance in the sudano-sahelian zone*. Wallingford : IAS Publication, 1991 ; 199 : 483-96.
20. Bep A, Ziem B, Zahonero P, Boli BZ, Roose E. Évolution et influence des états de surface sur le ruissellement et l'érosion des sols ferrugineux tropicaux sableux du Nord-Cameroun sous rotation intensive coton/maïs. *Bull Réseau Erosion* 1995 ; 16 : 127-38.
21. Guillobez S, Zougmore R. Étude du ruissellement et de ses principaux paramètres à la parcelle. In : Reyniers FN, Netoyo L, eds. *Bilan hydrique agricole et sécheresse en Afrique tropicale*. Paris : John Libbey Eurotext, 1994 ; 319-29.

## Résumé

Au Nord-Cameroun, les sols ferrugineux tropicaux sont principalement dévolus aux cultures pluviales ; à cause des systèmes de culture pratiqués et de l'intensité des pluies, ces sols fragiles sont soumis à l'érosion. On a comparé à cet égard un système basé sur le labour et un système de culture du maïs en semis direct, sans travail du sol et avec paillis. Une simulation théorique du fonctionnement hydrique de ces deux systèmes de culture a été réalisée avec le logiciel Bipode et confrontée aux résultats obtenus aux champs. L'efficacité des pluies, mesurée par le cumul des flux productifs (ETR), est améliorée par le système de semis direct du maïs qui permet, par ailleurs, de réaliser une culture de niébé en dérobé. Les effets positifs sur l'érosion font que ce système de culture pourrait constituer, à terme, une solution de remplacement au labour intéressante.