

Résumé

Résumé en français

Cette étude a pour objectifs la compréhension et la modélisation de certains effets importants du semis direct avec paillis de résidus (SDP) sur les bilans hydrique, thermique et azoté d'une culture de maïs pluvial. Elle a été menée dans le contexte d'un climat tropical semi-aride au Mexique. D'un point de vue méthodologique, le travail a consisté tout d'abord à identifier les phénomènes physiques et biologiques principaux qu'implique l'itinéraire technique SDP. En s'appuyant sur les résultats de la littérature et sur les acquis au niveau du terrain d'étude, nous avons retenu comme prédominants les effets du SDP sur i) l'évaporation et la température du sol, ii) la structure de surface du sol et l'infiltration, iii) le ruissellement, et iv) le cycle de l'azote et l'activité biologique des sols.

Ces effets identifiés, une lourde campagne de collecte de données de terrain a été réalisée de mai à octobre 1998, sur le site expérimental de la *Tinaja* (état de *Jalisco*, Mexique). Des mesures complémentaires ont été faites en juin et juillet 1999 sur le même site. Certaines mesures difficilement réalisables sur le terrain ont été effectuées en laboratoire, et sont venues renforcer les données du terrain. A l'issue de ce travail expérimental important, nous disposons d'une base de données relativement riche sur l'ensemble des phénomènes étudiés.

L'étude théorique des effets du SDP s'est déroulée en deux phases. La première s'appuie sur une stratégie d'atomisation de la problématique en volets élémentaires spécifiques, traitant les effets du SDP sur i), ii) et iii), en milieu contrôlé. Le premier volet vise à étudier et modéliser les flux d'eau et de chaleur dans le système sol-paillis-atmosphère (transferts turbulents et radiatifs au sein du paillis). Il permet de comprendre et de quantifier l'effet d'un paillis de résidus sur l'évaporation d'un sol et son amplitude thermique, en fonction du taux de couverture. Le deuxième volet consiste à caractériser les effets cumulatifs du SDP sur les propriétés hydrodynamiques d'un sol et donc sa capacité à l'infiltration. Le troisième volet est dédié à l'étude et la modélisation du ruissellement sur sol paillé éventuellement planté, en tenant compte de l'interception de l'eau de pluie, de la rétention de surface, de l'infiltration,

de la canalisation du ruissellement et de son écoulement. La deuxième phase relève de la reconstruction par intégration et consiste en un volet unique. Dans ce volet les résultats des trois volets spécifiques précédents sont synthétisés et intégrés dans un modèle numérique de fonctionnement global. Ce dernier prend en compte à la fois les dynamiques de l'eau, de la chaleur et de l'azote. Il reproduit simultanément et de façon couplée tous les effets majeurs du SDP sur le système sol-paillis-plante-atmosphère.

Mots-clefs : modélisation, expérimentation, paillis de résidus, semis direct, bilan hydrique, bilan thermique, bilan azoté, évaporation, infiltration, ruissellement, fonctionnement global, maïs, Mexique.

Abstract

The main objective of this work is the comprehension and modelling of the principal effects of direct sowing with corn residues (SDP) on water, temperature and nitrogen balances. The work was carried out in Mexico (Jalisco state) in a semi-arid tropical climate. The approach consisted in identifying the physical and biological phenomena that were induced by SDP. Given literature results (chapter 1) and previous studies on the experimental plot (Arreola Tostado, 1996; Scopel, 1994; Scopel *et al.*, 1998a), the retained predominant effects of SDP were i) limitation of evaporation and temperature amplitude in soil, ii) modification of surface soil structure and infiltration, iii) reduction of runoff, iv) modification of biological activity and nitrogen cycle in soil.

Experimental data about each effect of SDP were collected from May to October 1998, on the Tinaja experimental plot (Jalisco state, Mexico). Additional measurements were performed in 1999 to fill the gaps of 1998's campaign. Finally, laboratory work (CIMMYT in Mexico, CIRAD-URA and INRA in France) provided with some parameters which were impossible to measure in real conditions. All those data put together enabled us to build up a rich experimental data base.

The theoretical approach was driven in two parts. First we split the general issue in three elemental and specific points dealing with SDP effects i), ii) and iii), in controlled conditions. The first point aims at modelling heat and water fluxes (liquid and vapour phases) in the soil-mulch-atmosphere system. Theoretical developments are focused on turbulent and radiative transfers within the mulch, in order to model quantitatively the effect of a mulch of corn residues and its covering rate, on soil evaporation and thermal amplitude. The second point treats long term effects (~5 years) of SDP on soil hydraulic properties and capacity of soil to infiltrate water. The third point deals with modelling of runoff on either bare soil, mulch-covered soil, or cultivated and mulch-covered soil. The model takes into account rain interception by canopy and mulch, surface retention, infiltration (physical law), channelling of runoff in rills, and its flowing out according to a physical friction law. Then we put together the results of these three points to integrate and study simultaneously all the effects of SDP. This work was carried out thanks to a numerical model that simulates water, temperature and nitrogen dynamics, and that was coupled with the main effects of SDP on the soil-mulch-plant-atmosphere system. This model is in particular able to predict indirect effects of SDP on crop development (water stress, nitrogen stress, etc.), due to changes in soil conditions (moisture, temperature, nutriment) caused by the mulch.

Keywords : modeling, experiment, mulch of residues, direct sowing, water balance, heat balance, nitrogen balance, evaporation, infiltration, runoff, crop development, corn, Mexico.

