



The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search

<http://ageconsearch.umn.edu>

aesearch@umn.edu

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

No endorsement of AgEcon Search or its fundraising activities by the author(s) of the following work or their employer(s) is intended or implied.



**CARIBBEAN
FOOD
CROPS SOCIETY**

22

**Twenty Second
Annual Meeting 1986**

St. Lucia

Vol. XXII

DESINFECTION SOLAIRE DES SOLS PAR PAILLAGE PLASTIQUE:
POTENTIALITES THEORIQUES ET EXPERIMENTATIONS

H. Sinoquet and E. Mignard

I.N.R.A. Station Agro-pédo-climatique, Unité Bioclimatologie
B.P. 1232

F 97 184 Pointe à Pitre Cedex
Guadeloupe (French Antilles)

ABSTRACT

The laying of a plastic sheet changes the energy balance of the soil surface by suppressing evaporation and by increasing the absorption of solar radiation. This results in an increase of soil temperature, which is probably sufficient to destroy certain phytopathogenic agents of the soil.

At a depth of 2 cm, temperature changes were measured for plots of bare soil covered with black plastic sheet, transparent plastic sheet and glass plate. The maximum day temperature reached 54°C with glass plate, 51°C with transparent plastic sheet, 45°C with black plastic sheet and 38°C on the test plot without mulching, for a global solar radiation of 17.5 MJ.m⁻².day⁻¹.

Temperature profiles were measured on plots of soil covered with glass plate and soil without mulching and well irrigated. Differences in maximum day temperatures were 10.2°C at a depth of 2.5 cm, 8.9°C at 5 cm, 8.2°C at 7.5 cm, 6.7°C at 15 cm and 5.5°C at 25 cm.

RESUME

L'application d'un film plastique modifie le bilan énergétique de la surface du sol en supprimant l'évaporation et en augmentant l'absorption du rayonnement solaire. Il en résulte une augmentation de la température dans le sol, qui peut être suffisante pour réduire certains agents phytopathogènes telluriques.

L'évolution de la température à 2 cm de profondeur a été mesurée pour des parcelles de sol nu recouvertes de film plastique noir, de film plastique transparent, et de plaques de verre. La température maximale journalière a atteint 54°C avec le verre, 51°C avec le plastique transparent, 45°C avec le plastique noir et 38°C sur la parcelle témoin non paillée, pour un rayonnement solaire global de 17.5 MJ.m⁻².jour⁻¹.

Des profils de températures ont été mesurés sur des parcelles de sol recouvertes de plaques de verre et de sol non paillé et bien pourvu en eau. L'écart sur les températures maximales journalières était de 10.2°C à 2.5 cm de profondeur, 8.9°C à 5 cm, 8.2°C à 7.5 cm, 6.7°C à 15 cm et 5.5°C à 25 cm.

INTRODUCTION

Le paillage plastique est une technique couramment utilisée en horticulture, qui permet de réduire le développement de la végétation

adventice, l'évaporation des réserves d'eau, et l'érosion du sol (Lemaire, 1967). Depuis quelques années, le paillage plastique est aussi employé dans un but de désinfection des sols: la présence de la feuille de plastique modifie les conditions microclimatiques de surface et provoque un échauffement du sol susceptible d'éliminer certains ravageurs telluriques. Cette méthode, appelée aussi "solarization" ou "pasteurisation" du sol, a été proposée en Israël par Katan & al. (1976, 1981) et se présente comme une alternative à des moyens classiques de désinfection chimique ou physique (à la vapeur) coûteux, dangereux et difficiles à réaliser sur des parcelles telles que les pépinières.

TDAST28A

En Guadeloupe, les agents phytopathogènes du sol entraînent des réductions importantes de rendement, notamment en cultures maraîchères répétées sur les mêmes parcelles. La solarization semble à priori être un moyen de lutte applicable, d'autant plus que le rayonnement solaire reçu au sol est important. Nous avons donc commencé à tester cette technique aux Antilles, en procédant à une évaluation physique des possibilités de chauffage des sols par mulchs plastiques. Dans un premier essai, nous avons comparé l'influence de différents paillages sur la température du sol à une faible profondeur (2 cm) dans le second essai, nous avons comparé les profils de température sur 25 cm de profondeur d'un sol paillé et d'un sol non paillé.

MATERIEL ET METHODES

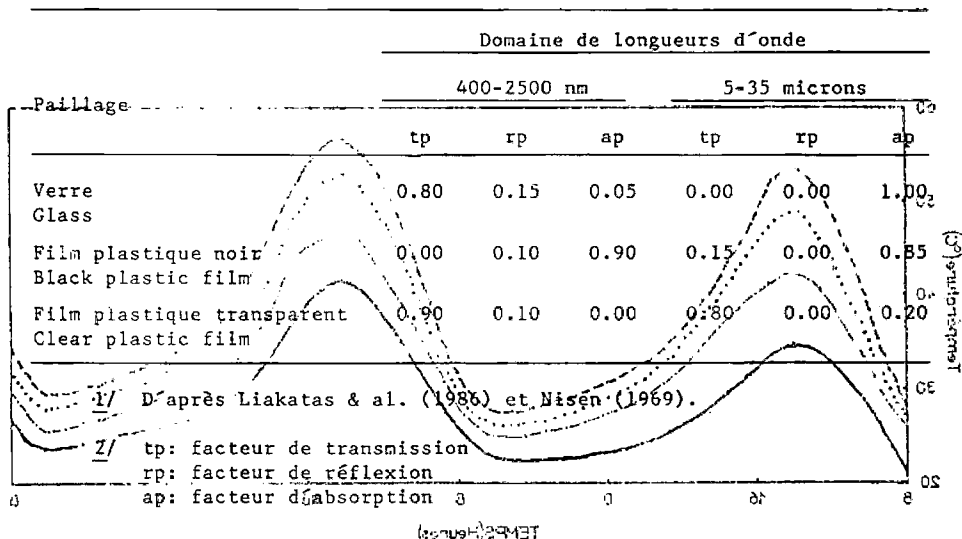
Les parcelles expérimentales sont situées à la Guadeloupe, sur le domaine du Centre des Antilles de l'Institut National de la Recherche Agronomique 16°15'N, 61°40'W. Le sol ferrallitique a été désherbé avant application du paillage.

Dans le premier essai, 3 types de paillage ont été utilisés: film plastique transparent, film plastique noir, et plaque de verre. Ces matériaux ont été choisis en raison de leurs propriétés optiques différentes, bien que l'utilisation au champ de plaques de verre soit difficilement réalisable. Les films plastiques sont des feuilles de polyéthylène d'épaisseur 90 microns, et l'épaisseur de la plaque de verre est 3 mm. Les caractéristiques optiques de ces matériaux dans les domaines de petites longueurs d'onde (400-2500 nm) et de grandes longueurs d'onde (5000-35000 nm) sont dans le tableau n°1. L'application des paillages a été effectuée sur des parcelles dont l'état hydrique n'a pas été modifié, et donc non saturées en eau.

La température a été mesurée sur chaque parcelle à 2 cm de profondeur grâce à des thermocouples Cuivre-Constantan. La soudure chaude était fixée sur une tige rigide ancrée dans le sol de manière à éviter un déplacement du capteur au cours du temps. La soudure froide a également été placée dans une bouteille isotherme contenant de la glace, puis, compte tenu des difficultés de conservation de la glace, elle a été placée dans le sol, à 50 cm de profondeur, où la température était quasiment constante et égale à 26°C. Des mesures ont été également effectuées sur une parcelle témoin non paillée.

Pour le second essai, le verre a été choisi comme matériau de paillage car il permettait d'obtenir, de par ses propriétés optiques

Tableau 1. Propriétés radiatives des paillages utilisés^{1/}



un écart maximal de température entre les 2 parcelles. Les températures ont été mesurées aux profondeurs 2.5 cm, 5 cm, 7.5 cm, 15 cm et 25 cm grâce à une série de thermocouples. Les fils de soudure chaude étaient tendus sur un cadre plastique à la manière d'une lyre, permettant de positionner les capteurs à la profondeur désirée. Les cadres ont été placés dans des fosses, qui ont été soigneusement rebouchées. Les parcelles ont été arrosées à saturation avant l'application du paillage et la parcelle témoin non paillée était maintenue à saturation par arrosage régulier, pour avoir des conditions de sol similaires.

Les thermocouples étaient reliés à une centrale de mesure CR21 Micrologger (Campbell Scientific Inc.), scrutant les capteurs chaque minute et réalisant des moyennes horaires.

RESULTATS ET DISCUSSION

Comparaison des différents paillages

La figure n° 1 montre l'évolution de la température du sol à 2 cm sous les parcelles paillées et la parcelle non paillée sur une période de 2 jours. Le paillage le plus efficace est le verre, suivi du film plastique transparent puis du film plastique noir. Pour un rayonnement global moyen de $17.5 \text{ MJ.m}^{-2}.\text{jour}^{-1}$, la température maximale journalière était égale à 54°C pour le sol recouvert de plaques de verre, 51°C pour le plastique transparent, 45°C pour le plastique noir et 38°C pour le sol non paillé. La présence du mulch a donc entraîné une augmentation de la température maximale de 7 à 16°C , selon le paillage.

Le tableau n° 2 montre que la température maximale journalière est bien corrélée au rayonnement solaire global journalier. Ces résultats

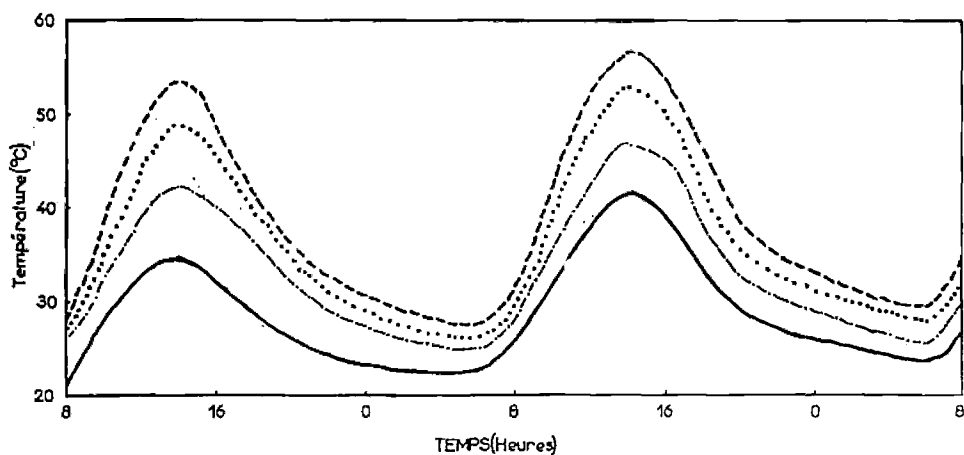


Figure 1. Evolution de la température du sol à 2 cm de profondeur, pour les différents paillages.

- : plaque de verre
- : plastique transparent
- .-.-.- : plastique noir
- : sol nu

Tableau n° 2. Correlations entre rayonnement solaire journalier et températures maximales journalières à 2 cm de profondeur pour les sols paillés et non paillé

Paillage	Verre	Plastique transparent	Plastique noir	Sol nu
Coefficient de corrélation	0,875	0,793	0,817	0,768

sont cohérents puisque l'augmentation de température due à la présence du paillage dépend de 2 phénomènes principaux liés eux-mêmes au rayonnement solaire incident: d'une part le paillage modifie le bilan radiatif de surface; d'autre part, il supprime l'évaporation du sol. Il est cependant à remarquer la meilleure corrélation entre températures maximales et rayonnement global, qu'entre les écarts de température maximale provoqués par la présence du paillage.

Les droites de régression reliant températures maximales quotidiennes et rayonnement global journalier sont groupées sur la figure n° 2. Les pentes de ces droites traduisent l'efficacité des paillages et les caractéristiques des matériaux utilisés permettent de quantifier grossièrement l'influence des 2 modifications microclimatiques principales: dans le cas du film plastique noir, l'absorption du rayonnement solaire est peu modifiée car ses propriétés optiques dans le domaine de petites longueurs d'onde sont proches de celles du sol nu; la petite augmentation d'absorption de rayonnement solaire est compensée par la résistance thermique de contact entre paillage et sol, et seule la suppression de l'évaporation joue un rôle important dans l'augmentation de température. Dans le cas du film plastique transparent et du verre, s'ajoute l'"effet de serre", phénomène qui permet de réduire la perte d'énergie radiative de grande longueur d'onde du sol et qui est maximal pour le verre. La figure n° 3 montre l'effet du paillage sur le bilan radiatif de grande longueur d'onde: le rayonnement atmosphérique R_a et le rayonnement thermique du sol R_s sont, en zone caraïbe, de l'ordre de 400 W.m^{-2} ; sans mulch, le rayonnement net au niveau de la surface du sol est:

$$R_n = R_a - R_s = 100 \text{ W.m}^{-2}$$

Pour un sol recouvert d'une plaque de verre, le bilan s'écrit:

$$R_n = 0.5 (R_a - R_s) = -50 \text{ W.m}^{-2}$$

L'application de la plaque de verre permet donc un gain de 50 W.m^{-2} , qui représente à l'échelle journalière une quantité d'énergie égale à 4.5 Mj.m^{-2} , soit 20 à 25% de l'énergie solaire journalière incidente. Dans le cas du film polyéthylène transparent, le rayonnement net a pour expression (de Villele, 1983):

$$R_n = 0.9 (R_a - R_s) = 90 \text{ W.m}^{-2}$$

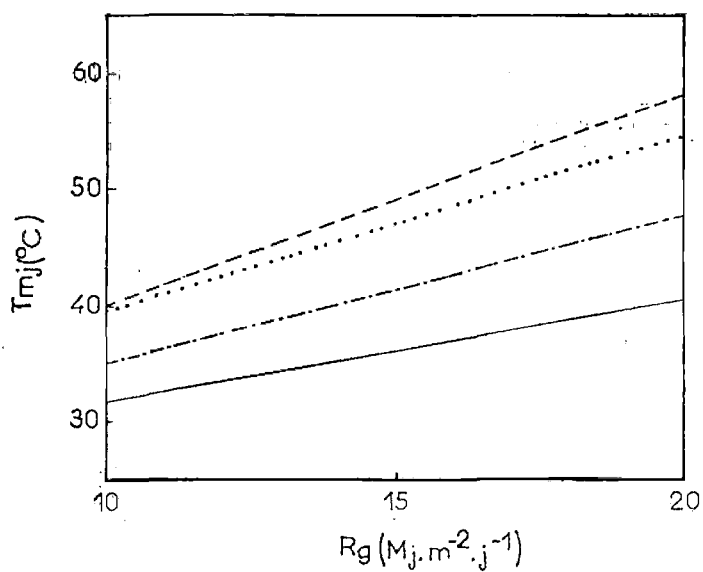


Figure 2. Droites de régression entre températures maximales journalières et rayonnement global journalier, pour les différents paillages.

----- : plaque de verre
 : plastique transparent
 -.-.- : plastique noir
 _____ : sol nu

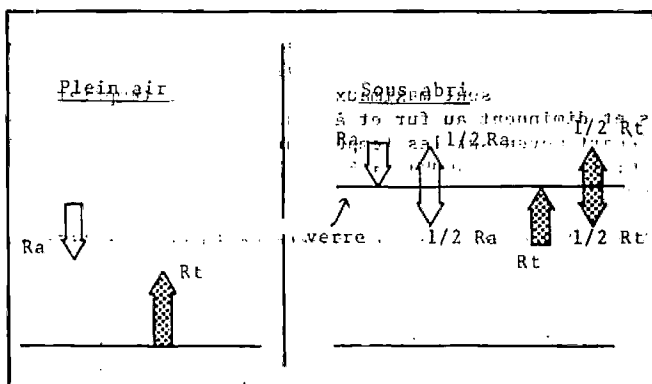


Figure 3. Mécanisme de l'effet de serre: influence du paillage sur le bilan radiatif de grande longueur d'onde.

Ra: rayonnement atmosphérique
Rt: rayonnement terrestre

L'effet de serre est beaucoup moins important et aboutit à une économie journalière de 0.5 MJ.m⁻². Cependant, l'efficacité de l'effet de serre dépend aussi de l'aptitude du paillage à transmettre le rayonnement solaire, qui est supérieure pour le film plastique transparent.

Pénétration de l'onde thermique

La figure n° 4 montre l'évolution, sur une période de 2 jours, des écarts de température entre le sol recouvert de plaque de verre et le sol non paillé. Ces écarts sont maximaux au niveau des températures maximales journalières et diminuent au fur et à mesure que la profondeur augmente: à 2.5 cm, l'écart moyen sur les températures maximales journalières est égal à 10.2°C; il atteint 8.9°C à 5 cm, 8.2°C à 7.5 cm, 6.7°C à 15 cm et 5.5°C à 25 cm.

Le tableau n° 3 montre que ces écarts maximaux sont liés au rayonnement solaire journalier; le degré de dépendance diminue lorsque la profondeur augmente et il en est de même pour la pente de la droite de régression liant écarts de températures et rayonnement solaire. Lorsque la température de surface du sol varie de manière sinusoïdale, les températures maximales journalières s'expriment sous la forme d'une fonction exponentielle décroissante de la profondeur (Campbell, 1977):

$$T_{mj}(z) = T_0 + A \exp(-z / K)$$

avec:

$T_{mj}(z)$: température maximale journalière à la profondeur z .

T_0 : température moyenne journalière en surface.

A : amplitude de la variation de température en surface au cours de la journée.

K : coefficient caractérisant l'aptitude du sol à diffuser la chaleur. K a été estimé à 0.087 m.

Un ajustement statistique de cette forme entre les écarts moyens de température maximale journalière sol paillé-sol nu et profondeur a donné la relation suivante:

$$DT_{mj} = 5.61 + 6.04 \exp(-z / K) \quad r^2 = 0.997$$

Cette relation montre que l'écart obtenu en surface est de l'ordre de 11.5°C, qu'il dépasse 10°C sur une couche d'épaisseur 3 cm et que l'influence du paillage s'exerce sur une épaisseur de sol nettement supérieure à 25 cm.

Il est à noter que les écarts de température sol paillé-sol nu ont été, d'une certaine manière maximisés: d'une part, le paillage utilisé était le verre, matériau dont l'efficacité est maximale; d'autre part, la parcelle non paillée était maintenue à saturation hydrique. Cette situation a permis d'augmenter le rayonnement solaire absorbé par le sol nu puisque l'albédo du sol passe de 0.12 quand il est sec à 0.07 quand il est mouillé. Cependant, lorsque le sol est saturé, l'évaporation est maximale et le surplus d'énergie solaire ne compense pas la perte évaporative: en effet, le rayonnement solaire incident est en moyenne 18 MJ.m⁻².jour⁻¹ (Sinoquet, 1985); la variation d'albédo permet donc une augmentation de l'absorption du rayonnement de 0.9 MJ.m⁻² alors que chaque

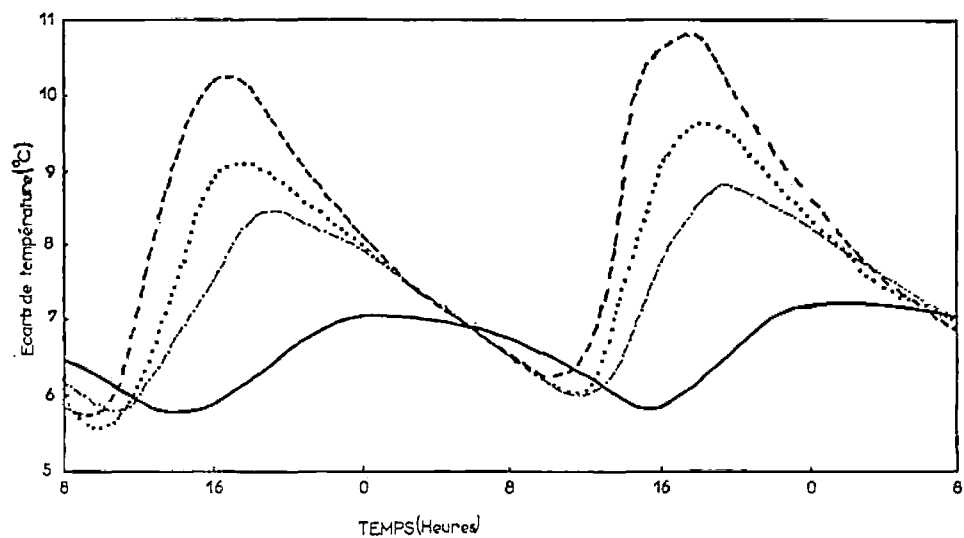


Figure 4. Evolution des écarts de température entre le sol paillé (verre) et le sol non paillé, pour différentes profondeurs.

----- : 2.5 cm
 : 5.0 cm
 -.-.-.- : 7.5 cm
 _____ : 15.0 cm

Tableau 3. Relations entre rayonnement solaire journalier (R_g en $MJ.m^{-2}$) et écarts maximaux journaliers de température (DT_{mj} en $^{\circ}C$) entre les sols paillé (verre) et non paillé, à différentes profondeurs.

Profondeur	Relation	
2.5 cm	$DT_{mj} = 0.512 R_g + 2,952$	$r^2 = 0.894$
5.0 cm	$DT_{mj} = 0.380 R_g + 3.441$	$r^2 = 0.849$
7.5 cm	$DT_{mj} = 0.363 R_g + 3.082$	$r^2 = 0.807$
15.0 cm	$DT_{mj} = 0.253 R_g + 3,120$	$r^2 = 0.685$

millimètre d'eau évaporé supplémentaire correspond à une dépense énergétique de $2.5 MJ.m^{-2}$.

L'épaisseur de sol où les températures sont influencées par la présence du paillage est elle-aussi maximisée puisque le paillage a été appliqué sur un sol saturé en eau. Cette situation favorise la pénétration de l'onde thermique (Campbell, 1977) mais exerce un effet dépressif sur les températures des couches superficielles car le flux de chaleur disponible en surface est dispersé sur une épaisseur plus importante. L'état hydrique du sol explique notamment les différences de températures obtenues d'un essai sur l'autre, sous un paillage identique et à des profondeurs équivalentes (2 cm et 2.5 cm); pour un rayonnement solaire de $20 MJ.m^{-2}$, l'augmentation de température à 2 cm due à la présence de la plaque de verre est inférieure de $5^{\circ}C$ quand le sol est saturé en eau. L'état hydrique du sol devrait donc être ajusté avant l'application du paillage en fonction de la zone où sont localisés les ravageurs à combattre: sol sec s'ils sont dans une couche très superficielle (quelques cm), sol saturé s'ils sont situés dans une zone plus profonde.

BIBLIOGRAPHIE

- Campbell, G.S. 1977. An introduction to environmental biophysics, New York: Springer-Verlag, 159 pp.
- Katan, J., Greenberger, A., Alan, H., and Grinstein, H. 1976. Solar heating by polyethylene mulching for the control of diseases caused by soil-borne pathogens. *Phytopathology* 66: 683-688.
- Katan, J. 1981. Solar heating (solarization) of soil for control of soil-borne pests, *Ann. Rev. Phytopathol.* 19: 211-236.
- Lemaire, J. 1968. Le paillage plastique, technique moderne au service de l'Agriculture des Pays méditerranéens, in: Symposium "Plastics on crops, crops under plastics", Toriño, 14-17, November 1967.
- Liakatas, A., Clark, J.A., Monteith, J.L. 1986. Measurements of the heat balance under plastic mulches. Part I: Radiation balance and soil heat flux, *Agric. For. Meteorol.* 36: 227-239.

- Nisen, A. 1969. L'éclairement naturel des serres, Gembloux: J. Duculot, 198 pp.
- Sinoquet, H. 1985. Programme régional maîtrise de l'énergie: Evaluation des composantes du rayonnement solaire en Guadeloupe, Guadeloupe: INRA, 25 pp.
- de Villele, O. 1983. La serre, agent de modification du climat, in: L'INRA et les cultures sous serre, Paris: inra, pp. 21-27.