


Test de différents substrats pour la culture hors sol de la tomate

S. SCETTRINI et G. JELMINI, Agroscope RAC Changins, Centre de Cadenazzo, CH-6594 Contone

 E-mail: sebastiano.scettrini@rac.admin.ch
Tél. (+41) 91 85 02 040.

Résumé

Durant trois ans, de 2000 à 2002, au Centre de Cadenazzo d'Agroscope RAC Changins, neuf substrats organiques pour la culture de tomates hors sol ont été testés dans une serre en verre de 200 m² et leurs résultats ont été comparés avec ceux de la laine de roche.

Concernant le rendement des cultures en kg/m², tous les substrats organiques se sont révélés comparables à la laine de roche. Des différences ont été observées dans le drainage de la solution nutritive et le compactage du substrat. Les substrats Agriplan et Dutch Plantin se sont révélés les meilleurs.

Introduction

Les premières expériences de culture hors sol ont été réalisées en France dans les années trente (CHOUARD, 1938), rendues possibles, entre autres, par les nouvelles formulations de solutions nutritives (HOAGLAND et ARNON, 1938), utilisables encore de nos jours. Ces expériences n'ont cependant pas été suivies d'application immédiate, principalement à cause de l'absence d'installations techniques permettant la distribution des solutions nutritives.

Il faut attendre les années septante pour assister au développement de la culture hors sol, période qui coïncide avec la mise sur le marché d'appareils automatiques efficaces. Aujourd'hui, dans le monde, la culture hors sol de la tomate est pratiquée sur une surface qui atteint 18 000 ha pour une surface totale de culture protégée de 800 000 ha (JOUET, 2002).

En Europe, la culture hors sol s'est développée d'abord dans le nord, en Hollande, pays où elle occupe les plus grandes surfaces, ensuite en Belgique, pour descendre enfin dans les zones méditerranéennes, plus précisément en Espagne, en France, en Italie et en Grèce.

On trouve quelques centaines d'hectares de culture hors sol aussi en Angleterre et en Allemagne (VAN OS et STANGHELLINI, 2001; ROGNONI et INCROCCI, 2003; MINUTO *et al.*, 2003; VAN OS *et al.*, 2003).

En Suisse, la production hors sol a débuté dans les années quatre-vingt dans le canton de Genève, pour s'étendre ensuite au Tessin, au canton de Vaud et à la Suisse alémanique. De nos jours, les surfaces de culture hors sol sont en légère mais constante augmentation: en 2003, elles atteignaient les 53 ha (source: statistique SZG, Koppingen).

Des expériences ont été effectuées pour analyser l'aspect écologique de cette forme de culture (REIST et GYSI, 1990; JOLLIET, 1993), le recyclage des solutions nutritives (MARTINONI, 1992; BRUN, 1998; PIVOT *et al.*, 1998; PIVOT *et al.*, 1999) et la qualité des tomates. Au cours de ces études, le rendement obtenu avec le système hors sol a été comparé à celui de la culture traditionnelle en plein champ (KÜNSCH *et al.*, 1994; GRANGES, 2000).

Le substrat de culture standard actuel, du moins au sud des Alpes, est toujours la laine de roche, mais sa fabrication nécessite de très grandes quantités

d'énergie (18,0 MJ/l, selon REIST et GYSI, 1990) et son élimination dans les champs peut engendrer des problèmes à long terme, autant à cause de la quantité d'engrais qu'il contient que de la structure du terrain. Pour ces raisons, des solutions plus écologiques et facilement recyclables sont recherchées, qui puissent également être utilisées en tant qu'amendements organiques, comme les fibres végétales par exemple. Dans le domaine des substrats, plusieurs travaux de recherche ont été effectués, qui avaient pour but de comparer des substrats organiques avec des substrats minéraux. Parmi les substrats retenus pour les comparaisons figurent la laine de roche, la perlite, la pouzzolane, la pouzzolane + ponce, la perlite + noix de coco, le roseau de Chine, la fibre de noix de coco, la paille et la posidonie (BETRIX, 2001; PIVOT *et al.*, 1998; GIUFFRIDA *et al.*, 2001; GRADINA *et al.*, 2001; QUINTO *et al.*, 2001; MATTHÄUS et JAMPEN, 1999; MATTHÄUS *et al.*, 2000; SCETTRINI, 2000).

Les tests effectués de 2000 à 2002 au Centre de Cadenazzo d'Agroscope RAC Changins s'inscrivent dans ce contexte et ont pour but d'évaluer l'influence de différents substrats, organiques pour la plupart, sur la croissance et le rendement de la tomate et de comparer ces substrats avec la laine de roche.

Matériel et méthodes

Dispositif expérimental

Les tests ont été effectués au Centre de Cadenazzo de 2000 à 2002 dans une serre de 20×10 m et d'une hauteur de 4,2 m (double vitrage latéral et verre simple pour la toiture), munie d'un écran automatique et thermique de protection contre l'ensoleillement

excessif. Le système de chauffage à radiateurs se composait de tubes fixes posés sur le sol, utilisables aussi comme rails, d'un chauffage végétatif à basse température ainsi que de trois aéroconvecteurs de soutien. La solution nutritive était apportée par un système ouvert avec récupération de la solution nutritive, dont le recyclage était réalisé dans les gouttières.

Pour chaque année d'expérience, quatre substrats étaient distribués dans quatre blocs choisis au hasard. Pour chaque substrat, le bloc était muni d'un système d'apport et de récupération de la solution nutritive entièrement séparé ainsi que d'un appareil de mesure de la quantité de solution nutritive à l'entrée et à la sortie.

Le système comprenait donc quatre arrivées de solution nutritive et était subdivisé pour les quatre substrats en quatre blocs. La solution drainée de chaque substrat et de chaque répétition a été collectée; la quantité de solution drainée correspondait donc au total des quatre répétitions pour chaque variante.

Les pains de culture étaient placés sur des petits canaux disposés en pente douce, afin de récupérer la solution qui avait passé à travers.

Matériel végétal utilisé et calendrier

La variété de tomate utilisée en 2000 était la *Recento*, une variété ronde et lisse qui sert de référence pour les cultures hors sol. En 2001 et 2002, par contre, à la suite de l'abandon graduel de cette variété par les serriculteurs, c'est la variété à grappe *Durinta* qui a été utilisée. Le semis a été effectué sur du terreau, suivi d'un repiquage dans de la perlite et de la fibre de coco insérées dans des petits cubes de laine de roche ($10 \times 10 \times 6,5$ cm) et, à l'émergence des racines au fond du cube, d'une plantation fi-

Tableau 1. Calendrier de cultures pour les années 2000 à 2002.

	2000	2001	2002
Semis	4 janvier	20 février	26 février
Plantation	14 mars	20 avril	22 avril
Début récolte	18 mai	12 juillet	17 juillet
Fin récolte	25 septembre	8 octobre	20 septembre

Tableau 2. Compositions minérales des solutions nutritives utilisées pour la tomate hors sol pendant les périodes 2000-2001.

	Éléments (mg/l)											
	N(NO ₃)	N(NH ₄)	P	K	Mg	Ca	Fe	Mn	B	Cu	Zn	Mo
Plantation Jusqu'à F6	226	14	40	400	60	200	2,0	0,7	0,35	0,15	0,45	0,05
F6 jusqu'en fin culture	186	14	60	370	40	190	0,8	0,6	0,25	0,05	0,35	0,05

nale en posant les petits cubes sur différents substrats. Le nombre de plants par variante et par répétition était de 20, avec une densité de 2,5 plantes par m².

Le calendrier de culture est donné dans le tableau 1.

Solution nutritive et système de fertigation

La solution nutritive était celle qu'on utilise habituellement pour la culture hors sol de la tomate au Tessin. De la plantation au stade phénologique F6, la solution nutritive était à une concentration plus élevée, surtout pour l'azote, le phosphore, le potassium, le magnésium et le fer (tabl. 2), avec une valeur de salinité EC variant de 3,5 à 4 μ S. Du stade phénologique F6 à la fin de la culture,

la concentration en éléments minéraux a été ramenée à des niveaux standard (tabl. 2) avec une EC de 2,8 à 3 μ S. Le pH était maintenu entre 5,2 et 5,8.

Un système de fertigation automatique (AMI I de la firme Agritech) se chargeait du mélange de la solution-mère et de l'eau ainsi que de l'irrigation. Le nombre d'irrigations variait de quatre (irrigation minimale) à huit, en fonction de l'intensité de l'énergie solaire et du type de substrat. L'irrigation journalière était enclenchée de 6 h à 18 h.

Substrats utilisés

Les caractéristiques des substrats comparés sont présentées dans le tableau 3. La laine de roche (Grodan) a été utilisée comme témoin pour les trois années de test.

Tableau 3. Composition des divers substrats utilisés et caractéristiques commerciales.

Année d'essais	Nom commercial	Composition	Poids du sac (kg)	Longueur (cm)	Largeur (cm)	Épaisseur (cm)
2000	Grodan Master	100% laine de roche	1,530	200	15	9
	Rosol	50% fibres de bois + 50% roseau de Chine	2,630	100	23	8
	Fytocell	100% urée expansée	0,700	100	15	8
	Marc de raisin	100% marc de raisin Merlot non stérilisé	4,800	100	18	10
2001	Grodan Master	100% laine de roche	1,530	200	15	9
	Marc de raisin stérilisé	100% marc de raisin Merlot stérilisé à 100 °C	4,700	100	18	10
	Dutch Plantin	100% poudre de coco	1,070	100	20	5
	Swiss Hempt	100% fibre de chanvre	1,870	95	22	8
2002	Grodan Master	100% laine de roche	1,530	200	15	9
	Paille de riz	100% paille de riz	0,460	100	20	10
	Leca	100% argile expansée	7,310	100	18	10
	Agripan C50	50% fibres et poudre de coco + 50% perlite	1,320	100	22	3

Contrôles et analyses

Le développement végétatif a été déterminé sur huit plantes par répétition, en mesurant la distance entre les nœuds de la première à la cinquième grappe, la hauteur de la première grappe, le nombre de fruits par grappe et la longueur des feuilles.

La vigueur a été évaluée selon une échelle allant de faible à forte, en passant par faible à moyenne, moyenne et moyenne à forte.

Pour déterminer le rendement, nous avons évalué la production de tomates de première qualité (kg/m²) et la production totale (kg/m²) ainsi que le poids moyen respectif des fruits exprimé en g.

Les résultats ont été soumis à une analyse de variance à deux voies et leur signification discriminée au moyen du test de Tukey. L'analyse a été effectuée avec le programme SigmaStat.

Résultats et discussion

Année 2000

Qu'il s'agisse de la production de premier choix ou de la production totale par m², aucune différence significative n'a été observée entre les quatre substrats (tabl. 7). Ces résultats confirment ceux de MATTHÄUS et JAMPEN (1999) et de MATTHÄUS *et al.* (2000), à savoir que le rendement des cultures sur des substrats organiques n'est pas très différent de celui obtenu sur de la laine de roche. La distance entre les nœuds, la hauteur de la première grappe, la longueur des feuilles et le nombre de fruits par grappe n'ont pas présenté non plus de différences significatives entre les quatre substrats (tabl. 4).

Laine de roche: un drainage régulier de l'ordre de 23% a été maintenu durant toute la période de culture (fig. 1). La vigueur des plantes s'est révélée moyenne (tabl. 4), avec des fruits nettement plus lourds que ceux qui provenaient du marc de raisin et plutôt plus lourds que ceux des substrats Fytozell et Rosol.

Rosol: la croissance et le drainage étaient normaux au cours des deux premiers mois qui ont suivi la plantation. Ensuite, de graves problèmes de drainage sont apparus, principalement dus au retournement du sac. Par conséquent, des dégâts se sont manifestés, dont des nécroses apicales sur les fruits.

Avec ce substrat, le drainage moyen était de l'ordre de 24% (fig. 4) mais, en fin de culture, il n'était plus que d'environ 10%.

Fytozell: c'est un substrat très léger et facile à poser. Vu qu'il s'agit d'un substrat hydrofuge, il faut utiliser une substance mouillante lors la première irrigation (remplissage des pains). Nous n'avons constaté aucun problème particulier au niveau de la culture, mais le poids moyen des fruits avec ce substrat (fig. 2) a tendance à être inférieur à celui obtenu par culture sur de la laine de roche.

Tableau 4. Evaluation de la vigueur et mesures effectuées le 10 juillet 2000 des divers paramètres de croissance de la variété Reconto cultivée sur quatre substrats. Différences significatives pour $p < 0,05$.

Substrat	Vigueur	Distance entre-nœuds (cm)	Distance du 1 ^{er} au 5 ^e entre-nœud (cm)	Hauteur 1 ^{re} grappe (cm)	Longueur feuille (cm)	Nombre de fruits par grappe
Grodan Master	Moyenne	27,00 a	1,11 a	36,75 a	36,87 a	5,75 a
Rosol	Moyenne	24,75 a	1,05 a	37,50 a	33,75 a	7,00 a
Fytozell	Moyenne	23,00 a	0,94 a	37,37 a	41,25 a	5,87 a
Marc de raisin	Moyenne à faible	25,21 a	1,07 a	34,37 a	33,75 a	6,00 a

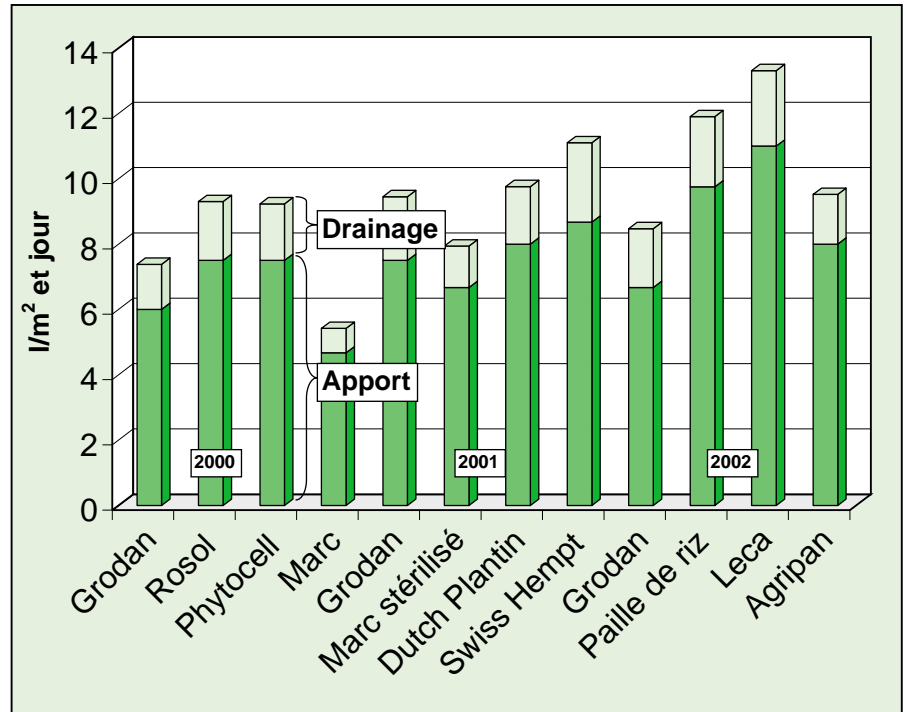


Fig. 1. Quantités journalières moyennes de solution nutritive (l/m²) calculées sur toute la période de culture, fournies aux cultures de tomates et quantités drainées pour les trois années de culture.

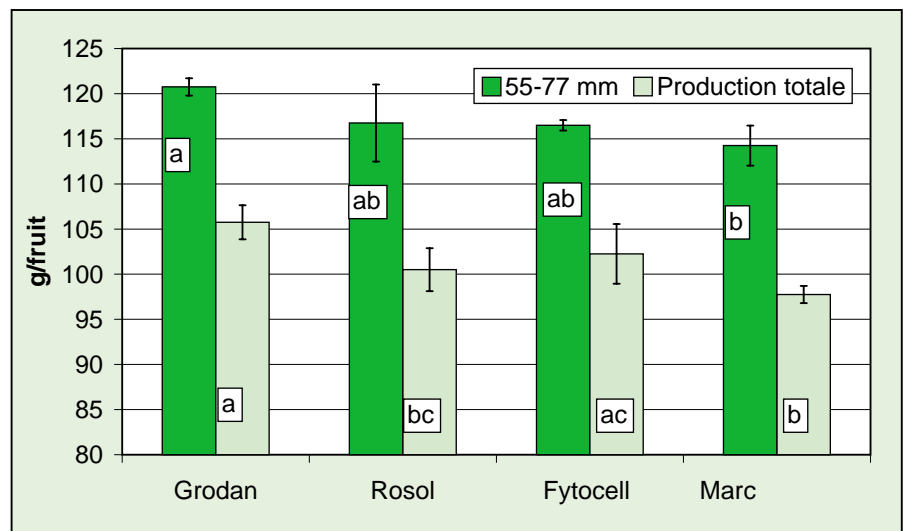


Fig. 2. Poids moyen des fruits en g pour les calibres de premier choix (55-77 mm) et pour la production totale, déchets compris, pour l'année 2000. Une lettre différente indique une différence significative ($p < 0,05$).

Le substrat Fytozell exige des irrigations brèves mais fréquentes, puisque son pouvoir drainant est élevé. Comme le Rosol, le Fytozell a tendance à se compacter et le pain perd de sa stabilité. Malgré le compactage, son drainage est resté constant à environ 23% (fig. 1).

Marc de raisin: ce produit est très répandu et bon marché. Toutefois, de fortes exhalaisons d'alcool se sont encore produites durant le premier mois de culture. Par ailleurs, les sacs sont lourds et difficiles à poser (tabl. 3). Enfin, les filtres de récupération de la solution nutritive ont tendance à s'obstruer. Le drainage moyen est de l'ordre de 16% (fig. 1); c'est le drainage le plus faible de tous les substrats utilisés: atteignant au début 20% environ, son taux n'a cessé de diminuer jusqu'à atteindre presque 0%. Nous avons observé, en outre, une forte mortalité chez les plantes (18%), probablement due à l'asphyxie des racines, tandis que les plantes restantes présentaient une vigueur faible à moyenne avec des fruits d'un poids moyen bien inférieur à celui des fruits obtenus sur le témoin (fig. 2). Malgré ces problèmes, le rendement ne présente pas de différences significatives et ces résultats confirment ceux obtenus par VENEZIA *et al.* (2001) même si, dans ce dernier cas, le marc de raisin avait été mélangé à du lapilli et que, au cours des tests réalisés, ce substrat avait entraîné des problèmes de nécrose apicale et de fissures sur les fruits.

Année 2001

En 2001, il n'y a pas eu de différences significatives non plus entre les quatre variantes, ni dans la production de tomate de première qualité ni dans la production totale (tabl. 7). Nous avons constaté, par contre, une diminution de la distance entre les nœuds dans les variantes Dutch Plantin et Swiss Hempt, par rapport à celles obtenues avec le témoin Grodan et le marc de raisin.

Laine de roche: en 2001, comme l'année précédente, la culture sur la laine de roche s'est très bien comportée. Le taux de drainage également, avec des moyennes de 26% (fig. 1), s'est bien maintenu durant toute la période de culture.

Marc de raisin stérilisé: le marc de raisin utilisé en 2000 a été repris en 2001, mais il a été stérilisé à la vapeur à 100 °C. Malgré cette précaution, les problèmes observés l'année précédente se sont reproduits, raison pour laquelle ce type de substrat a été définitivement abandonné. Le drainage moyen a été de 19% (fig. 1). Un autre désavantage du marc de raisin était la présence de feuilles nettement plus petites que celles des autres variantes (tabl. 5).

Tableau 5. Evaluation de la vigueur et mesures effectuées le 15 juillet 2001 des divers paramètres de croissance de la variété Durinta cultivée sur quatre substrats. Différences significatives pour $p < 0,05$.

Substrat	Vigueur	Distance entre-nœuds (cm)	Distance du 1 ^{er} au 5 ^e entre-nœud (cm)	Hauteur 1 ^{re} grappe (cm)	Longueur feuille (cm)	Nombre de fruits par grappe
Grodan Master	Moyenne	26,87 ab	1,07 a	33,75 a	39,37 a	5,50 a
Marc de raisin stérilisé	Moyenne à faible	29,37 a	1,15 a	38,75 ab	30,62 b	5,00 a
Dutch Plantin	Moyenne	22,25 c	1,03 a	34,37 ab	42,50 a	5,25 a
Swiss Hempt	Moyenne à forte	23,75 bc	1,12 a	39,37 b	38,12 a	5,75 a

Dutch Plantin: la culture s'est bien comportée sur ce type de substrat. Aucun problème particulier ne s'est posé, ni en temps normal ni surtout en périodes de températures très élevées. Selon nos observations, mais aussi selon celles de MATTHÄUS et JAMPEN (1999), les résultats obtenus avec ce substrat sont comparables à ceux observés avec de la laine de roche. BETRIX (2001), en revanche, constate un meilleur comportement de ce substrat par rapport à la fibre de coco. Très régulier du début à la fin de la culture, le drainage moyen se situait autour de 22% (fig. 1). La rétention d'eau est optimale, ce qui permet à la culture de résister une journée entière à une panne du système d'irrigation sans problème particulier.

Swiss Hempt: le drainage moyen avec ce substrat a été de l'ordre de 28% (fig. 1), constituant le taux le plus élevé. Cela s'explique par le fait que le matériau avait été moulu de manière grossière. Au début de la culture, le taux de drainage a atteint 33%, pour descendre ensuite à 22% et rester enfin constant jusqu'à la fin de la culture. Du point de vue agronomique, la culture sur ce

substrat n'a pas présenté de problème et s'est révélée d'un réglage optimal sur toute la période de production. Comme il ressort du tableau 4, la vigueur des plantes a été moyenne à forte et le poids des fruits obtenus sur ce substrat ne se distinguait pas de manière significative de celui du témoin ni de celui des autres substrats testés (fig. 3).

Année 2002

Comme les deux années précédentes, il n'y a pas eu de différences significatives de rendement entre les quatre substrats testés. Tendanciellement, la paille de riz a marqué un léger fléchissement par rapport aux autres substrats, spécialement en ce qui concerne la production de premier choix (tabl. 7). Pour ce qui est du développement végétatif (tabl. 6), la seule différence significative portait sur la distance entre les nœuds, plus grande avec les substrats à base de paille de riz et sur Leca qu'avec le Grodan et l'Agripan.

Laine de roche: pour la troisième année consécutive, nous avons utilisé de

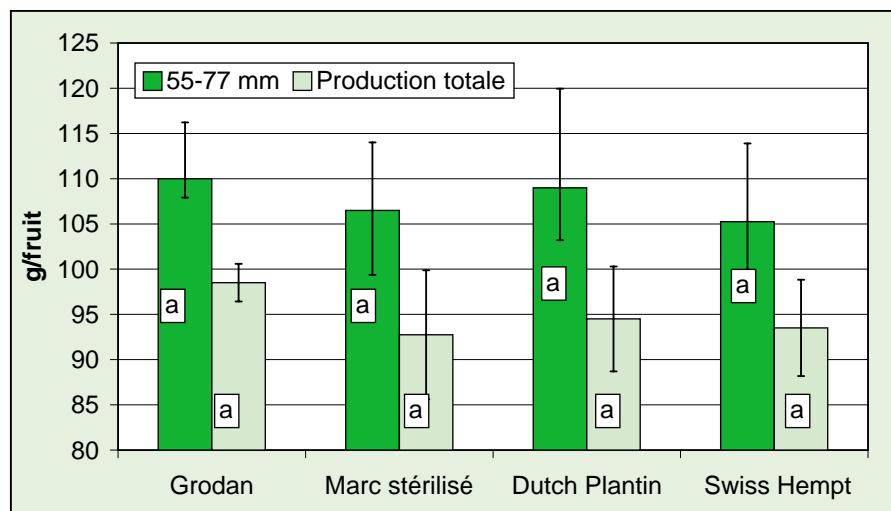


Fig. 3. Poids moyen des fruits en g pour les calibres de première qualité (55-77 mm) et pour la production totale, déchets compris, pour l'année 2001. Une lettre différente indique une différence significative ($p < 0,05$).

la laine de roche comme référence, dont le taux de drainage s'est régulièrement maintenu autour de 27% durant la période de culture (fig. 1).

Paille de riz: au niveau du rendement, ce substrat avait tendance à être moins bon que la laine de roche, le Leca, la fibre et la poudre de coco + perlite. Durant les 45 premiers jours de culture, un léger jaunissement des feuilles et un ralentissement de la croissance ont été constatés. Ce jaunissement ne devrait pas provenir principalement d'une carence en azote, puisque la teneur en N dans la solution nutritive était invariable par rapport au témoin Grodan. Par contre, des effets d'allélopathie dues à la paille de riz (CHUNG *et al.*, 2003), voire une légère asphyxie, vu que l'apport en eau était assez élevé (fig. 1), pourraient expliquer ces problèmes, mais ce n'est qu'une hypothèse. Le drainage a été en moyenne de 22%. Très élevé au stade initial, il a ensuite diminué en raison du fort compactage du pain de culture pour atteindre finalement 10%. Les irrigations ont été fréquentes, mais de courte durée pour éviter que la solution nutritive ne stagne dans le sac.

Leca: ce substrat a présenté des problèmes en raison de son poids plutôt élevé et du fait que les sacs doivent être troués à la main à cause de leur forme arrondie. En termes de productivité, l'argile expansée se situe entre la paille de riz et la laine de roche, même si nous n'avons pas remarqué de différence significative. Le régime hydrique s'est avéré moyen avec un drainage de l'ordre de 21% (fig. 1), sur toute la période de production. Ce substrat exige également une irrigation fréquente et de courte durée.

Agripan: concernant le rendement, ce substrat a donné satisfaction; la production avait tendance à être légèrement supérieure à celle du témoin, ce qui confirme les résultats de SCETTRINI (2001). En ce qui concerne la vigueur, celle-ci s'est révélée légèrement inférieure à celle du témoin (tabl. 6). Le poids moyen des fruits est tendanciellement inférieur à celui des trois autres substrats (fig. 4). La fréquence d'irrigation est la même que celle du témoin, mais de plus courte durée. Le seul désavantage est que ce substrat doit être rempli de solution nutritive au moins 48 heures avant la plantation et que la fente à réaliser pour la plantation ne peut se faire qu'après le remplissage, ce qui signifie que les capillaires doivent être déplacés deux fois. Le drainage moyen a été de 19% et régulier durant toute la durée de l'expérience; il n'a donc posé aucun problème pour la récupération de la solution nutritive.

Tableau 6. Evaluation de la vigueur et mesures effectuées le 10 juillet 2002 des divers paramètres de croissance de la variété Durinta cultivée sur quatre substrats. Différences significatives pour $p < 0,05$.

Substrat	Vigueur	Distance entre-nœuds (cm)	Distance du 1 ^{er} au 5 ^e entre-nœud (cm)	Hauteur 1 ^{re} grappe (cm)	Longueur feuille (cm)	Nombre de fruits par grappe
Grodan Master	Moyenne à forte	26,25 a	1,19 a	33,75 a	36,87 a	5,25 a
Paille de riz	Moyenne à faible	30,00 b	1,26 a	34,37 a	30,62 a	6,00 a
Leca	Faible	30,00 b	1,16 a	34,37 a	33,75 a	5,25 a
Agripan	Moyenne à faible	27,50 ab	1,17 a	35,62 a	41,25 a	4,75 a

Tableau 7. Production de première qualité et production totale pour la variété Recento en 2000, la variété Durinta en 2001 et 2002 sur les quatre substrats. La comparaison se fait avec Grodan.

Année et variété	Substrat	Production 1 ^{er} choix (55-77 mm) (kg/m ²)	Signif.	Production totale (kg/m ²)	Signif.
2000 Recento	Grodan	21,684	n.s.	31,427	n.s.
	Rosol	19,485	n.s.	31,378	n.s.
	Fytozell	20,763	n.s.	30,990	n.s.
	Marc	19,287	n.s.	30,405	n.s.
2001 Durinta	Grodan	18,675	n.s.	21,940	n.s.
	Marc stérilisé	16,176	n.s.	19,794	n.s.
	Dutch Plantin	15,337	n.s.	18,871	n.s.
	Swiss Hempt	18,756	n.s.	22,992	n.s.
2002 Durinta	Grodan	18,011	n.s.	21,052	n.s.
	Paille de riz	16,024	n.s.	20,931	n.s.
	Leca	16,949	n.s.	20,587	n.s.
	Agripan	18,153	n.s.	22,466	n.s.

n.s. = pas de différence significative.

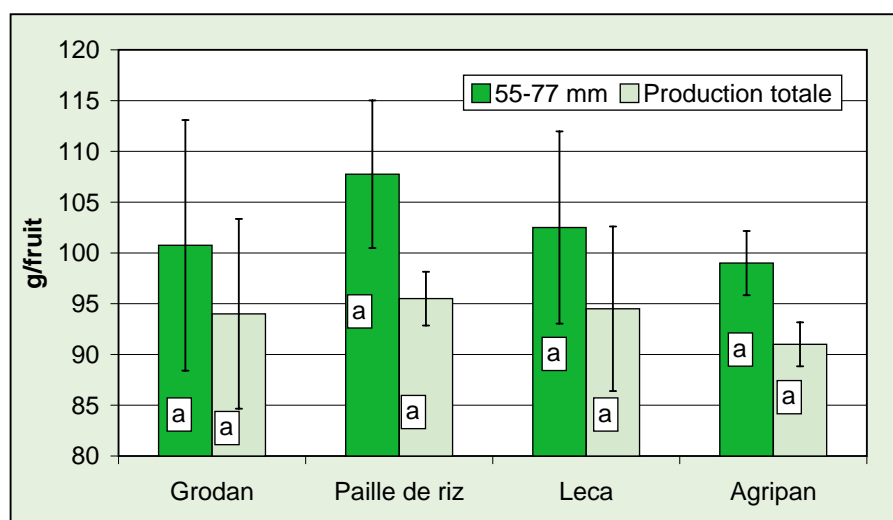


Fig. 4. Poids moyen des fruits en g pour les calibres de première qualité (55-77 mm) et pour la production totale, déchets compris, pour l'année 2002. Une lettre différente indique une différence significative ($p < 0,05$).

Conclusions

- ❑ Tous les substrats organiques testés ont donné des résultats comparables à ceux du témoin avec de la laine de roche, tant dans le rendement en tomates de première qualité que dans la production totale de tomates par m².
- ❑ Des différences ont été constatées dans le taux de drainage, qui oscillait entre 16 et 27% en fonction du type de substrat. Le compactage du substrat variait également en fonction du matériel utilisé.
- ❑ Les substrats qui se sont révélés valables et qui pourraient remplacer la laine de roche sans entraîner des déséquilibres importants sont Agripan et Dutch Plantin. Par rapport à la laine de roche, ces substrats présentent l'avantage de pouvoir être épanchés sur le terrain comme amendements organiques.
- ❑ L'utilisation des autres substrats testés comporte trop d'inconvénients.

Bibliographie

- BETRIX C.-A., 2001. Etude du comportement de différents substrats à base de roseaux de Chine (*Miscanthus sinensis* Anderss.) pour la culture hors sol de la tomate (*Lycopersicon esculentum* P. Mill). Travail de diplôme de l'Ecole d'ingénieurs de Lullier.
- BRUN R., 1998. Recyclage des solutions nutritives en culture hors sol: une nécessité et pourquoi pas un atout. *P.H.M. Revue Horticole* **396**, 13-16.
- CHOUARD P., 1938. Comment pratiquer les nouvelles cultures dans l'eau. *Revue Horticole* **110** (26), 287-296.
- CHUNG I. M., KIM K. H., AHN J. K., KIM S. H., HAHN S. J., 2003. Comparison of allelopathic potential of rice leaves, straw and hull extracts on barnyardgrass. *Agronomy Journal* **95** (4), 1063-1070.
- GIUFFRIDA F., LEONARDI C., ARGENTO S., LIPARI V., 2001. Esperienze sul reimpiego di substrati di coltivazione. *Italus Hortus* **8** (6), 60-64.
- GRANGES A., AZODANLOU R., COUVREUR F., REUTER E., 2000. Méthode de culture et qualité organoleptique de tomates cultivées en serre et en plein champ. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **32** (3), 175-180.
- GRUDINA R., SIRIGU Antonella, PISANU Anna Barbara, 2001. Impiego della paglia come substrato per la coltivazione senza suolo del pomodoro: confronto con altri substrati organici. *Italus Hortus* **8** (6), 120-123.
- HOGLAND D. R., ARNON D. I., 1938. The Water-Culture method for growing plants without Soil. *Calif. Agric. Exp. Stn Circular* **347**, 1-39.
- JOLLIET O., 1993. Bilan écologique de la production de tomates en serre. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **25** (4), 261-267.

Riassunto

Prove di pomodoro hors-sol coltivato su differenti substrati

Durante tre anni, dal 2000 al 2002, presso l'Agroscope RAC Changins, Centro di Cadenazzo, in una serra in vetro della superficie di 200 m² sono state effettuate delle prove con 9 substrati organici per la coltura di pomodoro, paragonati alla lana di roccia. Per quanto riguarda la produzione di pomodori in kg/m², tutti i substrati organici sono stati comparabili alla lana di roccia. Differenze si sono avute riguardo alla percentuale di drenaggio della soluzione nutritiva e al compattamento del substrato. Quali migliori substrati organici sono risultati Agripan e Dutch Plantin.

Zusammenfassung

Versuche mit Hors-sol Tomaten auf verschiedenen Substraten

Während den Jahren 2000 und 2003 wurden bei Agroscope Changins, Centro di Cadenazzo, auf einer Glasgewächshausfläche von 200 m² Versuche mit 9 verschiedenen organischen Substraten auf Tomaten durchgeführt und mit der klassischen Steinwolle verglichen.

Bezüglich des Tomaten Ertrages in kg/m² waren alle Substrate mit der Steinwolle vergleichbar. Unterschiede wurden in der Drainageintensität der Nährflüssigkeit in % und in Verdichtung der Substrate festgestellt.

Als beste organische Substrate schnitten Agripan und Dutch Plantin ab.

Summary

Tests on tomato grown in a soilless culture on different substrates

Between 2000 and 2002, tests were carried out at Agroscope RAC Changins, Centre of Cadenazzo (Ticino, Switzerland), on tomatoes cultivated in a greenhouse of 200 m² comparing 9 organic substrates to rock wool. All substrates were comparable to rock wool as far as tomato production in kg/m² was concerned. Differences resulted in the percentage of the drainage nutrition solution and in the compactness of the substrate. The best organic substrates resulted Agripan and Dutch Plantin.

Key words: tomatoe, substrate, soilless.

JOUET J.-P., 2002. Plastics in the world. *Plasticulture* **2** (120), 108-126.

KÜNSCH U., SCHÄRER H., DÜRR P., HURTER J., MARTINONI A., JELMINI G., SULSER H., SEEGER B., 1994. Qualitätsuntersuchungen an Tomaten aus erdelosem und konventionellem Glashausbau. *Gartenbauwissenschaft* **59** (1), 21-26.

MARTINONI A., 1992. Le système de recyclage à risque calculé: une nouvelle méthode pour gérer la culture hors sol en circuit fermé. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **24** (6), 359-364.

MATTHÄUS D., JAMPEN E., 1997. Test de différents substrats pour la culture hors sol du concombre, de la tomate et du haricot à rame. *Le Maraîcher* **16**, 7-8.

MATTHÄUS D., JAMPEN E., 1999. Pains de roseaux de Chine: utilisation en culture hors sol. *Le Maraîcher* **7**, 9-10.

MATTHÄUS D., FREUND M., JAMPEN E., 2000. Tomates à grappes - essai de substrats en culture hors sol. *Le Maraîcher* **2**, 9-11.

MINUTO A., GRASSO Valeria, GULLINO Maria Lodovica, GARIBALDI A., 2003. Il progetto MIO-PRODIS: attività sperimentale in Italia. *Informatore fitopatologico* **53** (3), 45-51.

PIVOT D., REIST A., GILLIOZ J.-M., 1998. Rendements de la tomate en serre, cultivée en terre ou sur quatre différents substrats, avec une solution nutritive recyclée. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **30** (5), 321-325.

PIVOT D., REIST A., GILLIOZ J.-M., RYSER J.-P., 1998. Bilan minéral d'une culture de tomate en serre. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **30** (6), 379-382.

PIVOT D., REIST A., GILLIOZ J.-M., 1999. Tomates en serre: substrats réutilisés, solutions recyclées. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **31** (5), 265-269.

QUINTO G. R., AIELLO F., MICCOLIS V., 2001. Effetti dei substrati e del numero di steli per pianta sulla produzione del pomodoro di tipo Cherry. *Italus Hortus* **8** (6), 126-130.

REIST A., GYSI Ch., 1990. Cultures hors sol: bilan écologique. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **22** (4), 223-235.

SCETTRINI S., 2001. Pomodoro, prove culturali su perlite e cocco. *Culture protette* **30** (3), 94.

TOGNONI F., INCROCCI L., 2003. Le colture fuori suolo: situazione in Italia e prospettive per il futuro. *Informatore fitopatologico* **53** (2), 7-12.

VAN OS E.-A., STANGHELLINI C., 2001. Diffusion and environmental aspect of soilless growing system. *Italus Hortus* **8** (6), 9-15.

VAN OS E.-A., NIEDACK N., STRADIOT P., BEEKERS H., 2003. Lo sviluppo delle colture fuori suolo nell'orticoltura in serra in Spagna. *Informatore fitopatologico* **53** (3), 52-56.

VENEZIA A., TONINI A., DESIDERIO A., BACCO A., SCHIAVI M., MICCOLIS V., 2001. Coltivazione di pomodoro ciliegino in ciclo aperto: confronto tra substrati organici e minerali. *Italus Hortus* **8** (6), 137-141.