



ARMEFLHOR

Hors série—juillet 2001

édito

**Quel substrat choisir ?  
Quelle irrigation  
pratiquer ?**

En cultures hors sol, les substrats ont un rôle de support physique pour les plantes. Ils n'ont pas de fonction nutritionnelle directe puisque l'intégralité de l'alimentation en eau et en éléments minéraux est apportée par la solution nutritive. Le substrat doit donc favoriser le développement des racines et faciliter l'alimentation hydro-minérale de la plante.

Chaque substrat possède ses caractéristiques propres. Ce sont donc les qualités du substrat qui détermineront la conduite de l'irrigation fertilisante.

L'étude qui a été menée conjointement par l'ARMEFLHOR et le CIRAD en 1999 avait pour but, de caractériser le comportement de différents substrats en culture afin de pouvoir préconiser une conduite de l'irrigation pour chacun des substrats, d'évaluer leur stabilité sur plusieurs cycles et de juger de leur potentiel agronomique.

Bonne lecture



Rédaction

Jean-Sébastien COTTINEAU  
(CIRAD-FLHOR)  
Isabelle CABEU PAYET  
Yann BOURGLAN

# Bulletin d'Information des Producteurs

Hors Série - Spécial SUBSTRATS



## Qu'exiger d'un SUBSTRAT ?

Ces essais « substrats » ont été réalisés dans le cadre d'un partenariat ARMEFLHOR, CIRAD-FLHOR. Ils ont porté sur 2 ou 3 cycles de culture suivant le site. Un rapport détaillé est à votre disposition au CTEA. ■

### Être chimiquement inerte

Pour les cultures hors sol, l'utilisation d'un substrat ne doit pas modifier la composition de la solution nutritive : il doit donc être chimiquement inerte. Il faut donc utiliser, de préférence, des matériaux qui ont une capacité d'échange cationique (CEC) faible ou nulle, qui n'apportent pas d'éléments chimiques (calcaires) et qui ne modifient pas le pH. Les substrats satisfaisant ces critères sont essentiellement minéraux.

### Assurer un bon équilibre air-eau

Il faut de préférence choisir des substrats ayant une porosité telle qu'elle offrira une disponibilité en eau la plus élevée possible, tout en préservant une aération suffisante des racines. Ce point est essentiel, car :

- la rétention en eau détermine la capacité d'autonomie hydrique de la culture et par conséquent, la fréquence des irrigations. La capacité de rétention en eau va permettre le calcul de la disponibilité en eau. Il est préconisé d'irriguer lorsqu'1/3 de la disponibilité en eau a été prélevé par la plante. L'apport doit d'une part compenser les pertes, et d'autre part permettre les 20 % de drainage, qui évite les accumulations d'ions dans le substrat.
- la teneur en air est indispensable pour assurer l'oxygénation des racines. Les substrats qui réalisent un meilleur compromis sont les tourbes. On considère qu'au delà de 20 %, la teneur en air est suffisante pour un bon développement du système racinaire des plants.

### Conserver ses propriétés physiques

Il est nécessaire que le matériau conserve le plus longtemps possible les propriétés pour lesquelles il a été choisi. En général, une élasticité suffisante et une bonne résistance mécanique assureront le maintien des propriétés physiques dans le temps et seront donc des critères de longévité.

Les supports disponibles peuvent être classés en trois groupes :

- les matériaux qui ne se dégradent pas : scorie, pouzzolanes.
- Les matériaux qui évoluent lentement, essentiellement par biodégradation de la matière organique : écorce, tourbe blonde, fibres de coco ;
- Les matériaux qui subissent des modifications notables au cours d'une culture : soit par un défaut d'humification de la matière organique (tourbe brune...), soit par abrasion des particules, soit enfin par diminution des propriétés mécaniques.

### Sites

Bassin Martin :

- altitude : 300 m.
- substrats : sacs vapo, odimex, kokobread, cocosol.

Mont Vert les Hauts :

- altitude : 150 m.
- substrats : sacs vapo, coco brut, kokobread, cocosol.

Piton Saint Leu :

- altitude : 200 m.
- substrat : pouzzolane, coco brut, scorie de charbon,

# Aide à la décision (suite)

## Être d'un coût le plus faible possible

En ce domaine, il faut prendre en compte plusieurs facteurs, et tout d'abord bien évidemment, le prix d'achat du matériau (transport inclus) ; mais aussi la facilité de manutention et surtout d'installation dans la serre. Suivant le produit utilisé ( en vrac ou conditionné et prêt à l'emploi), le coût de la main d'œuvre sera très différent. Enfin, il est nécessaire de prendre en compte la quantité de matériau nécessaire par unité de surface de production, ainsi que sa facilité de stockage.

Certains substrats peuvent être réemployés sur plusieurs cycles diminuant ainsi le coût de revient. Le coût et les contraintes d'élimination du support après son utilisation sont également à prendre en compte.

## Sans pathogènes ou produits toxiques

Un bon support ne doit pas être facilement contaminé par des pathogènes en cours de culture. Cette condition joue un rôle essentiel dans le cadre d'une éventuelle réutilisation pour la culture suivante. En fait le substrat idéal n'existe pas : souvent des exigences économiques interviennent de façon prioritaire et conduisent le producteur à un compromis en fonction de la culture et de la situation géographique. La tendance actuelle en matière de support de culture hors sol paraît être l'adaptation de l'objectif de production à un matériau unique et fiable, dont on connaît bien les qualités et les défauts, et qui fait l'objet de consignes précises d'utilisation.

## Les contraintes de mise en place

Avant l'installation de la culture, il est essentiel de soigner le profilage de la serre, afin de pallier l'hétérogénéité de la rétention en eau. On considère communément qu'une pente de 0,5 à 1 % est suffisante à l'évacuation de la solution de drainage. L'inclinaison latérale des modules de substrat est également à prendre en compte. En effet une trop forte inclinaison favorise l'évacuation de la solution vers la fente de drainage. La répartition de la solution à l'intérieur du substrat est alors variable et les racines se retrouvent alors dans un environnement hétérogène.

Il convient d'éviter le dessèchement du substrat entre deux cycles. En effet, les substrats sont très difficiles à réhumecter de façon homogène et il est alors impossible de faire un nouveau gonflage en raison des fentes de drainage effectuées lors du cycle précédent.

La désinfection du substrat entre deux cycles est essentielle pour se prémunir notamment des attaques fongiques. Il existe un certain nombre de produits utilisés classiquement pour la désinfection des sols (Cryptonol, Prévicur).

# Caractéristiques physico-chimiques des substrats utilisés

Type	Toube blonde	Résidu de fibre de noix de coco	Fibres de noix de coco broyées	Fibre de coco			Résidus de charbon	Pouzzolane
Nom commercial	Vapogro	Kokobread	OdimeX	Cocosol	Coco pays	Fibre de coco	Scorie de charbon	Scorie
PH (unité)	5,6	4,7	6,5	5,7	6,2	5,3	7,7	5,9
CEC (meq/l)	74,5	50,7	83	40	36	16,3	2,3	0,4
Porosité (%)	94,9	94,9	95,5	96,2	94,8	94,5	70	69
Teneur en eau (%)	58,4	58,5	69,6	32,6	25,9	20,5	12,7	24,1
Teneur en air (%)	36,5	36,4	25,4	63,6	68,9	74	57,3	44,9
Disponibilité en eau (mL/L)	321	329	350	136	82		67	
Volume de substrat par plante	2,75	3	2	1,9	2		10	
Dose préconisée par apport en mL	200-400	200-400	150-250	200	150	150	150-300	200

# Gestion des substrats en culture

## Mesures à prendre avant et après plantation

Seule la pouzzolane ne nécessite aucune intervention avant plantation. Pour les autres substrats, il s'agit de préparer le support à l'accueil de la culture.

• **Pour les substrats organiques tels que les fibres de coco et les sacs vapo**, un gonflage du sac est nécessaire. Celui-ci doit se faire de manière progressive et échelonnée. Suivant la nature des substrats, ce gonflage s'échelonne sur 1 à 5 jours. En effet, les tourbes sont beaucoup plus sensibles à la déstructuration et l'hétérogénéité que les fibres de coco.

Afin de stabiliser le comportement chimique de ces substrats, il est conseillé d'effectuer le gonflage au nitrate de chaux.

Ce dernier limitera également l'acidification en cours de culture, fréquemment observée sur ces substrats. Après le gonflage, il faut mesurer l'EC du pain pour évaluer si un lessivage à la solution 1 est nécessaire avant plantation.

Avant plantation, la solution nutritive du stade 1 sera envoyée dans les sacs à un EC de 1,5 à 2,5 mS suivant le type de tomates cultivées (petite ou grosse) et l'époque de production.

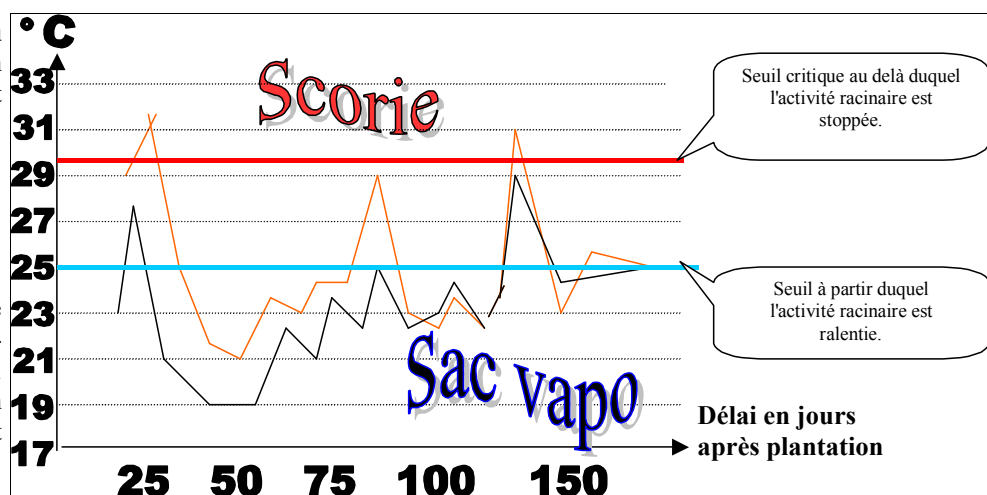


• **Pour la scorie de charbon**, il est préférable de la lessiver à l'eau claire acidifiée avant utilisation. En effet, son aspect basique et sa conductivité assez forte à l'état brute peuvent retarder la reprise du plant. De plus, un pH élevé peut poser des problèmes d'assimilation du phosphate et des oligo-éléments.

Le problème de l'inertie thermique du substrat doit également être pris en compte. En effet, les travaux de Bertrand GUILLERM ont abouti aux constatations suivantes :

Le tableau ci-contre indique les températures relevées sur les 2 substrats en comparaison

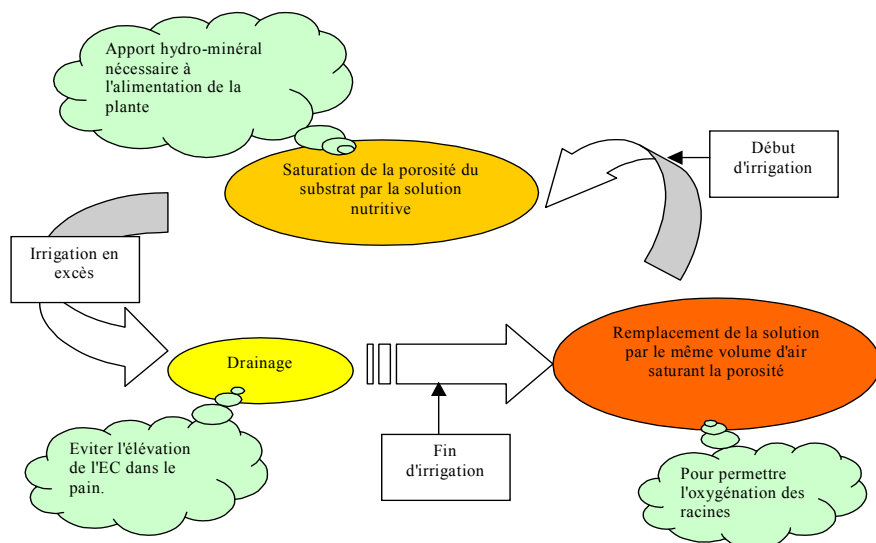
Le réchauffement des scories indique qu'il est préférable de couvrir les bacs et d'utiliser des contenants de couleur claire si possible. Cet aspect a principalement de l'importance en début de cycle, quand le couvert végétal n'est pas important.



L'élévation de température du substrat peut limiter l'absorption de certains éléments nutritifs (le calcium est difficilement absorbé par la plante à partir de 25°C) et augmente le besoin en oxygénation racinaire (on estime que le besoin en O<sub>2</sub> est doublé pour une élévation de température de 10°C).

Pour lutter contre cette situation, plusieurs mesures sont envisageables :

- Enterrer le réseau d'irrigation,
- Espacer les irrigations et augmenter les doses, afin de permettre une plus grande phase de ressuyage et d'oxygénation, (voir schéma ci-contre)
- Effectuer des compléments foliaires (nitrate de chaux, sulfate de magnésie, fétylon...),
- Mieux maîtriser le climat de la serre (aération, ombrage, ventilation dynamique, brumisation...).

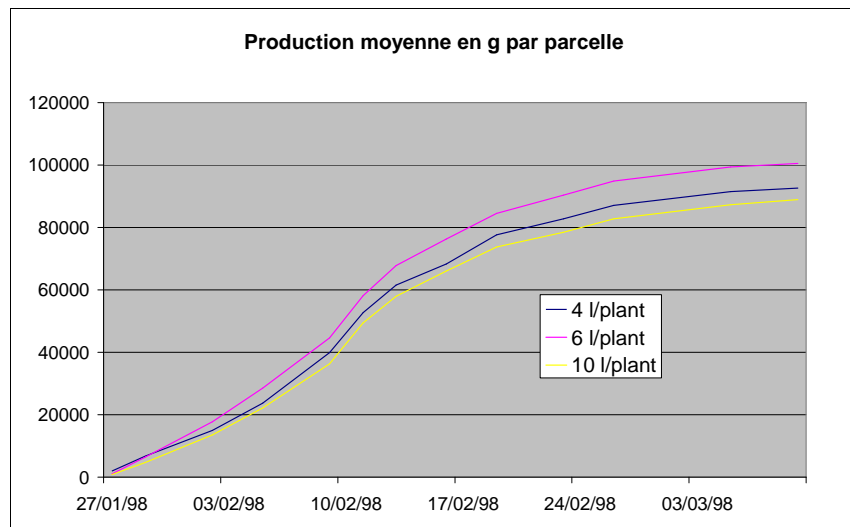


Cycle d'irrigation  
Cycle d'irrigation

# Gestion des substrats en culture (suite)

## Choix du volume de substrat

Le graphique ci-contre, obtenu lors des essais, nous renseigne sur l'aspect volume de substrat.



Contrairement à ce que l'on pourrait penser, un volume plus important n'apporte pas forcément de meilleurs résultats. En effet, pour des substrats comme la fibre de coco ou le sac vapo, le volume optimal semble se situer entre 5 et 6 litres par plante.

Ceci dépend en fait de la capacité de rétention en eau et de l'aération du substrat.

Pour les substrats comme la pouzzolane ou la scorie de charbon, très drainants, le volume nécessaire va être fixé afin d'obtenir une réserve en eau suffisante.

Dans ce cas, le volume nécessaire est estimé à 10 litres par plante.

Au delà de 10 L, les racines ne colonisent pas forcément tout le volume. Ceci est accentué par l'aspect drainant du substrat qui favorise un chemin préférentiel de l'eau et réduit donc la taille du bulbe d'irrigation.

## Rendements obtenus sur fibres de coco de différents volumes

## Stabilité des substrats

### Pour les substrats organiques :

Les analyses effectuées au cours des cycles de culture ne montrent pas d'évolutions flagrantes des substrats.

D'autre part, comme l'indique la page 6, nous n'avons pas eu de réduction de rendement sur 3 cycles effectués sur kokobread et sac vapo.

Les travaux de métropole, réalisés sur Palmeco et cocosol indiquent par contre une augmentation de la rétention en eau sur des substrats de 2 ans.

Ceux-ci ont tendance à se tasser et deviennent plus asphyxiants. Le taux de drainage est également plus élevé que sur un substrat neuf, pour les mêmes irrigations.

Cependant, si les rendements obtenus sont identiques en réutilisation de Palmeco, ils sont moindres pour le cocosol.

### Pour les scories :

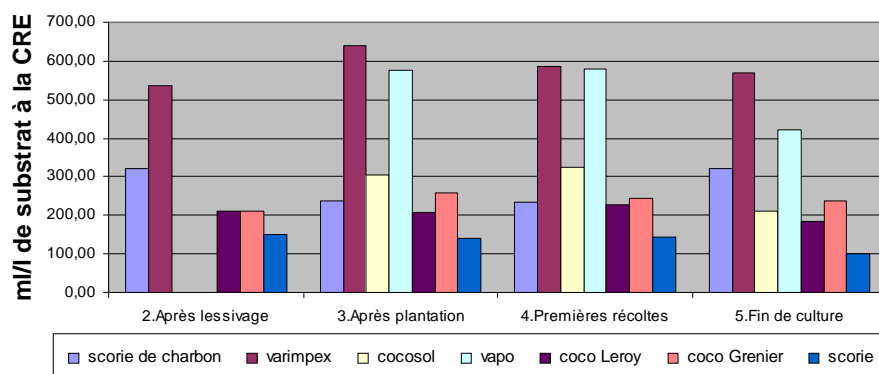
La pouzzolane a une longévité estimée de 5 ans. Ceci, sans modification de sa structure physique. La limite réside dans les résidus racinaires de chaque cycle qui évoluent et modifient au fur et à mesure la composition chimique.

Pour la scorie de charbon, nous manquons encore de recul pour en estimer la longévité.

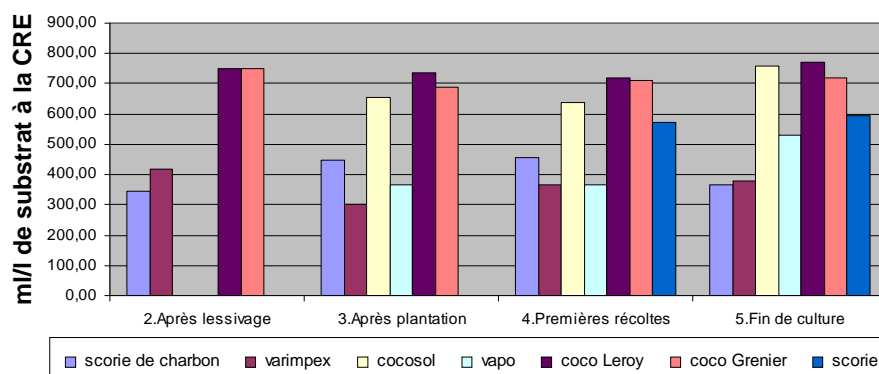
Cependant, un essai variétal a été effectué

cette année, avec les mêmes variétés produites sur scories de charbon 1er cycle et scories de charbon 4ème cycle. Les rendements obtenus sont identiques quel que soit la variété. Nous pouvons donc, pour l'instant, estimer à 4 cycles, la longévité de ce substrat. Ceci est bien sûr tributaire de l'état sanitaire de la culture précédente et du substrat.

## Capacité de rétention en eau



## Capacité de rétention en air





# Gestion de l'irrigation des substrats

Pour la gestion de l'irrigation, il faut partir du principe que, **plus un substrat est drainant, plus la dose doit être faible et la fréquence élevée.**

## Fixer sa dose d'irrigation

Le volume par irrigation est fonction de la disponibilité en eau du substrat et du volume par plante. Cette dose est destinée à ramener l'humidité du substrat à la capacité en bac (voir schéma ci-contre) et donc, de renouveler l'eau disponible pour la plante.

### Pour sac vapo et kokobread :

- DE = 300 ml/l
- 5 litres de substrat par plante.

La dose doit être comprise entre 5 et 10% de la Réserve, soit :

$$\text{Dose min} = 300 * 5 * 5\% = 75 \text{ ml}$$

$$\text{Dose max} = 300 * 5 * 10\% = 150 \text{ ml}$$

A cette dose, il faut ici rajouter la réserve pratiquée en fond de sac. Celle-ci représente environ un surplus de 150 à 200ml par irrigation.

**On obtient alors une dose d'irrigation comprise entre 225 et 350 ml par arrosage.**

**En minutes, cela correspond à des arrosages de 7 à 11 minutes suivant la stratégie du producteur.**

On estime autour de 2 litres le besoin quotidien d'un plant en production (chiffre à faire varier suivant l'altitude, la saison et le stade de production), la fréquence dépendra donc du volume d'arrosage choisi. Exemple :

- 6 arrosages de 10 minutes = 2 litres,
- 9 arrosages de 7 minutes = 2 litres.

**Il faut cependant indiquer que de faibles doses d'irrigation rendent la plante plus végétative (intéressant en été) alors que des doses fortes accentuent l'aspect génératif de la plante.**

### Pour les scories :

- DE = entre 50 et 100ml/l
- 10 litres de substrat par plante.

On obtient alors (avec réserve) :

$$\text{Dose min} = 190 \text{ ml}$$

$$\text{Dose max} = 275 \text{ ml}$$

**En minutes, cela correspond à des arrosages de 5 à 8 minutes.**

*Toutes ces données doivent être adaptées en fonction des pourcentages de drainage mesurés sur la culture.*

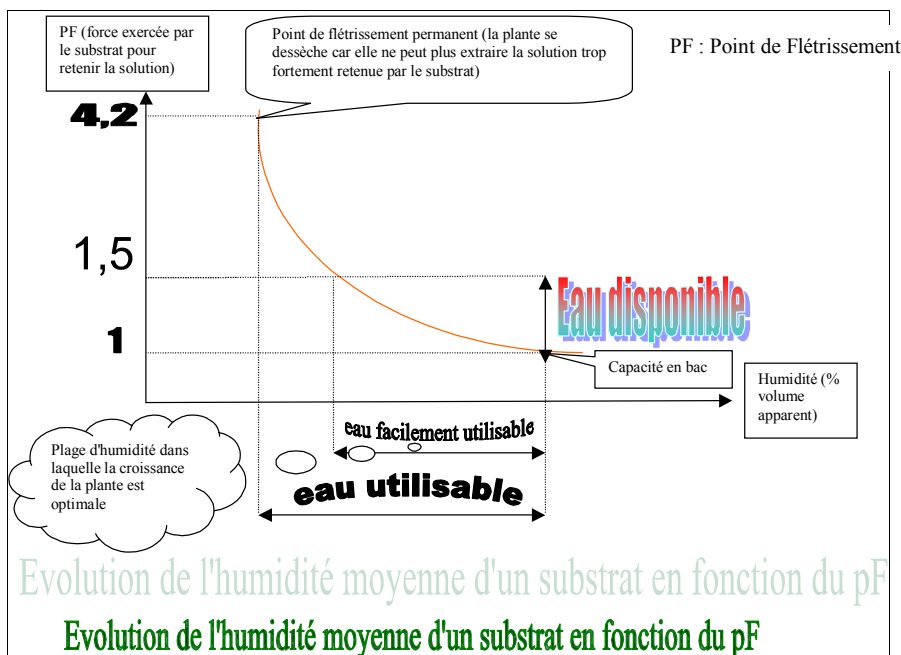
## Fixer sa fréquence d'irrigation

La fréquence d'irrigation est beaucoup plus difficile à fixer car elle est constamment amenée à varier en fonction du stade de la culture, du climat, de l'ensoleillement. La fréquence de l'irrigation a pour but de faire varier l'humidité du substrat entre la teneur à PF 1 (capacité en bac) et PF 1,5 (limite de sécurité), ceci afin de garantir une certaine teneur en eau du substrat tout en permettant un renouvellement en air.

Quelques principes peuvent cependant être décrits :

- démarrer l'arrosage 1/2 heure à 1 heure après le lever du soleil,
- drainer à partir de la 2ème ou 3ème irrigation,
- drainer environ 30% en moyenne,
- surveiller le drainage dans les heures chaudes...

Des outils testés par l'ARMEFLHOR et le CIRAD existent pour adapter le pilotage de la fréquence d'irrigation en fonction des besoins de la plante (solarimètre, starbac, évaporomètre). Ceux-ci ont été présentés dans les essais et les BIP précédents et feront l'objet d'un BIP hors série « irrigation ».



# Résultats agronomiques obtenus

Les tableaux 2 et 3 montrent que quel que soit le substrat, les rendements sont similaires pour l'essentiel des substrats. L'analyse statistique (test de Fisher) montre toutefois que les rendements sont légèrement plus faibles avec le substrat cocoPV (coco petit volume) de deuxième cycle, cocosol troisième cycle et OdimeX troisième cycle. Il ressort également de ces essais que les substrats testés supportent aisément trois cycles. Il serait hasardeux cependant d'en faire un quatrième.

**Tableau 2 : comparaison des rendements sur différents types de substrats**

*Essai chez Dominique Grenier*

*Pour le premier cycle la variété était Gâce de De Ruiter*

*Pour le second et troisième cycle la variété Boa de Vilmorin a été préférée*

*Les irrigations sont gérées par un Galcon*

	Rendement commercial			% de calibre <=67			% de calibre >67		
SUBSTRAT	Cycle 1	Cycle 2	Cycle 3	Cycle 1	Cycle 2	Cycle 3	Cycle 1	Cycle 2	Cycle 3
Kokobread	6.82 a	16.49 ab	8.02 a	30	29.2	13.6	70	70.8	86.4
VAPO GV	6.5 a	16.65 a	7.96 a	27.2	29	14	72.8	71	86
COCO GV	7.06 a	17.05 a	7.87 a	27.6	32.5	13.1	72.4	67.5	86.9
VAPO PV	6.56 a	17.9 a	7.76 a	27.6	31.1	17.9	72.4	68.9	82.1
COCO PV	6.71 a	15.38 b	7.23 ab	29.1	35.4	17	70.9	64.6	83
COCOSOL	6.58 a	16.03 ab	6.93 b	27.3	32.6	17	72.7	67.4	83

*Les lettres a, b, ... correspondent aux groupes homogènes*

**Tableau 3 : Comparaison des rendements sur différents substrats de troisième cycle**

*Essai à la station du CIRAD-FLHOR de Bassin Martin*

*Variété Boa de Vilmorin*

*Semis le 25 Novembre 98*

*Plantation le 28 Décembre 98*

*Les substrats sont tous à leur troisième cycle*

SUBSTRAT	Rendement brut en kg/m²	Rendement com.en kg/m²	% cal < =67	% cal 67-77	% cal >= 77
KOKOBREAD	10.65 a	10.29 a	17.4	45.3	37.3
COCOSOL	9.88 ab	9.62 ab	19.7	43.6	36.7
VAPOGRO	9.58 ab	9.48 ab	18.6	44.2	37.2
ODIMEX	9.06 b	8.95 b	25.1	42.9	32

*a,b,... correspondent aux groupes homogènes*

L'essai réalisé à Piton Saint Leu ne démontre pas de rendements différents suivant le type de substrat utilisé (pouzzolane, scorie de charbon ou fibres de coco). Cependant, on y retrouve l'intérêt de volume de substrat minimum (10 l/plant) pour des supports de culture aussi drainants. La culture s'est faite alors en gouttière.

Par ailleurs, et ceci sera précisé dans la fiche scorie de charbon, ce substrat semble favoriser l'augmentation du calibre des fruits.