

## COMPORTEMENTS PHYSIQUE ET HYDRIQUE DES SUBSTRATS DE CULTURE DESTINÉS AUX PÉPINIÈRES FORESTIÈRES MODERNES (SAHEL TUNISIEN)

M'SADAK Y.\* , EL AMRI A., MAJDOUB R. et EL GHORBALI L.

*Département du Génie des Systèmes Horticoles et du Milieu Naturel*

*Institut Supérieur Agronomique de Chott Mariem, Université de Sousse, Sousse, Tunisie*

E-mail: \* [msadak.youssef@yahoo.fr](mailto:msadak.youssef@yahoo.fr)

**Résumé.-** *En Tunisie, le compost des déchets sylvicoles est largement utilisé en conteneurs, pour gérer les conditions optimales de croissance des plants forestiers dans les pépinières hors sol, en vue de produire régulièrement des plants de qualité et en quantité suffisante. La présente étude se propose l'évaluation des qualités physique et hydrique d'un certain nombre de substrats de culture à base de compost issu du broyat d'Acacia, considéré comme substrat actuel de référence pour la production en conteneurs des plants forestiers. A cet égard, une série de simples criblages mécaniques vibrant et rotatif selon diverses mailles, a été entreprise dans deux pépinières forestières modernes du Sahel Tunisien; celle de Chott Mariem et de Bembla II. L'analyse physique des composts sylvicoles bruts et des tamisats produits est relative à la masse volumique apparente sèche ainsi qu'aux porosités (totale, d'aération et de rétention). L'analyse hydrique a concerné notamment la courbe de désorption en eau et le temps de réhumectation de chaque substrat. Les principaux résultats obtenus ont dévoilé que les substrats testés sont particulièrement aérés, mais à faible disponibilité en eau. Pour des substrats présentant des particules grossières, la pénétration de l'eau est assez courte par rapport aux substrats à texture fine. Les substrats issus du criblage rotatif ont un temps de réhumectation plus faible que les substrats issus du criblage vibrant. Par ailleurs, plus la maille du crible est grande, plus le temps de réhumectation est faible. Le compost sylvicole produit à Chott Mariem est incontestable sur le plan porosités totale et d'aération dans les conditions expérimentales considérées, tout en répondant à la norme de rétention d'eau, à l'état brut et également à l'état criblé (quelque soient la nature et la maille de criblage) alors que celui de Bembla II n'est pas conforme et son criblage se justifie pleinement. Par ailleurs, son criblage rotatif, quelque soit la maille utilisée, n'a pas bien amélioré la porosité de rétention. Pour la masse volumique apparente sèche, cette dernière n'a pas présenté d'handicap quant à l'utilisation des substrats testés en conteneurs.*

**Mots clés:** *Pépinières forestières modernes, Compost sylvicole, Criblage, Comportement physique, Caractérisation hydrique.*

## PHYSICAL AND HYDRAULIC BEHAVIOURS OF CULTIVATION SUBSTRATE INTENDED FOR MODERN FOREST NURSERIES (TUNISIAN SAHEL)

**Abstract.-** *In Tunisia, the composted forestry waste is extensively used in containers, to manage the optimal conditions for plants growth aboveground in nurseries, in order to produce quality plants regularly and in sufficient quantity. This study aims to assess the physical and hydraulic characteristics of a number of cultivation substrates based on forestry compost derived from Acacia braking, considered as the current substrate for the production of forestry plants in containers. In this respect, a series of simple mechanical vibrating and rotating screening under various meshes was undertaken in two modern forest nurseries in the Tunisian Sahel; one is in Chott Mariem and the other in Bembla II. The physical analysis of untreated and screened composts has concerned the dry bulk density and the porosities (total, aeration and retention). The hydraulic analysis has involved the pF curve and the time of rewetting of each substrate. The main obtained results showed that the tested substrates are particularly aerated, but with low water availability. For the substrates with coarse particles, the water penetration is relatively short compared to the fine-textured substrates. The Substrates derived from the rotating sieving have shown a rewetting time lower than that of the substrates derived from the vibrating sieving. Furthermore, greater the sieve mesh is, lower is the rewetting time. The forestry compost*

*produced in Chott Mariem is undeniable, regarding the total porosity and aeration under the experimental conditions, and has satisfied the standard water retention in the raw and screened states (regardless of the nature and the mesh screening), however the compost of Bembla II was not consistent and its screening is entirely justified. In addition, its rotating screening, whatever the used mesh, did not much improve the porosity retention. For the dry bulk density, the latter has no handicap for the use of tested substrates in containers.*

**Key words:** *Modern forest nurseries, Forestry compost, Screening, Physical behavior, Hydraulic characterization.*

## Introduction

La préservation des ressources naturelles et le respect de l'environnement sont des préoccupations mondiales grandissantes. Le reboisement est adopté comme une pratique de protection du milieu naturel contre la dégradation, de restauration du couvert végétal, de lutte contre l'érosion et d'amélioration de la production ligneuse et sylvopastorale. Toutefois, des études d'évaluation des périmètres reboisés ont montré que le taux de réussite du reboisement (survie et croissance des plants en site) est imputable en grande partie à la qualité des plants forestiers qui est liée essentiellement aux conditions de leur élevage dans les pépinières forestières.

Le développement optimal des plants de qualité ainsi que leur taux de survie dépendent des caractéristiques essentielles des substrats constituant le support d'ancrage et de prospection des racines des plants, dans lequel ils doivent trouver en quantités suffisantes, les ressources nutritionnelles (eau, nutriments, éléments minéraux) nécessaires à leur croissance et à leur développement. Ces propriétés sont d'ordre physique (porosité d'aération, teneur en eau, mouillabilité), chimique (pH, salinité, Capacité d'Échange Cationique, teneurs en éléments minéraux tels l'azote, le phosphore et le potassium) et biologique.

Outre les propriétés agronomiques, le choix des matériaux constitutifs des substrats de culture repose sur les conditions locales et les disponibilités régionales, ainsi que le coût de revient qui tient compte du prix des matières premières, des processus de fabrication, et du transport. Les matériaux pouvant servir comme milieu de culture peuvent être organiques tels les tourbes, les fibres de coco, les écorces compostées, les fibres de bois, les composts des déchets verts, ou minéraux comme les perlites, les laines minérales, etc. Le compostage est de plus en plus admis dans une vision de production des composts affectés à la confection des substrats de croissance. Ces derniers sont employés pour produire en hors sol des plants tant horticoles que forestiers [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7].

Le compost sylvicole produit, généralement à base de broyat de branches d'Acacia, a un rôle de support, mais pas d'apport en éléments minéraux essentiels à la croissance des plants. Généralement, ce substrat n'est pas riche en éléments nutritifs et ne peut pas assurer les besoins lors des différentes phases de croissance des plants [8]. Pour retirer les matériaux non compostés et avoir une bonne texture, le criblage du compost s'avère nécessaire après maturation afin d'avoir un substrat qui possède de bonnes caractéristiques physico-chimiques (capacité de rétention en eau, capacité d'échange cationique, etc.) [8, 9, 10]. Le compost issu de la biomasse sylvicole à l'état brut ou criblé est couramment utilisé en Tunisie comme base de substrat pour la production des plants forestiers en conteneurs. Ce substrat doit posséder une grande rétention en eau et en nutriments ainsi qu'une bonne

aération, afin de favoriser le stockage de l'eau et des nutriments, le transport de l'eau du substrat vers les racines pour satisfaire leurs besoins ainsi que le transport efficace des gaz à travers sa matrice, dans le but d'évacuer les gaz métaboliques et d'alimenter les racines en oxygène. Ainsi, les principaux objectifs assignés à cette étude sont la caractérisation des substrats de culture en conteneurs, à base de compost d'Acacia, issus des simples criblages mécaniques vibrant et rotatif selon diverses mailles, quant à leurs propriétés physiques et hydriques et la comparaison des différents substrats sélectionnés, à titre expérimental, dans deux pépinières forestières modernes du Sahel Tunisien.

## **1.- Matériel et méthodes**

### **1.1.- Description des sites d'étude**

L'étude a porté sur des substrats provenant des deux pépinières forestières modernes; à savoir: PFM de Chott Mariem (gouvernorat de Sousse) et PFM de Bembla II (gouvernorat de Monastir) situées dans la Tunisie littorale sous étage bioclimatique semi-aride supérieur. Les températures maximales de l'air sont de 32 et 27°C et minimales de 7,9 et -2°C, de façon respective. Les vents dans les deux régions sont faibles à modérés, mais peuvent être violents, exceptionnellement. La PFM de Chott Mariem ayant une superficie de 1,5 ha dont l'aire de culture occupe 7956 m<sup>2</sup> (102 m x 78 m) assurant une production annuelle d'un million de plants forestiers en conteneurs. Quant à la PFM Bembla II de superficie 3,4 ha, sa capacité de production annuelle est de 520 000 plants forestiers produits dans une aire de 3200 m<sup>2</sup> (80 m x 40 m). Pour les deux PFM, 80% de la production est à destination forêts et parcours, 10% pour les entrées des villes et 10% pour les brises vents. Les deux PFM sont munies d'un dispositif d'ombrage, en vue d'assurer un milieu physique convenable pour la croissance des plants, soient le chauffage pendant l'hiver et l'ombrage pendant l'été.

### **1.2.- Composition des substrats de culture**

Pour les deux pépinières, les substrats de culture sont principalement composés par le broyat des branches fraîches d'Acacia cyanophylla composté (compost sylvicole). La PFM de Chott Mariem s'approvisionne en branches d'Acacia de la région d'Enfidha (site Chgarnia); la région la plus productrice en cette matière et celle de Bembla II de la région de Bembla (site Garâat Oued El Maleh) et de la région de Monastir (site Falaise). Les branches sont obtenues généralement après rabattage de l'arbuste d'Acacia tous les trois ans. La méthode de broyage adoptée à la PFM de Chott Mariem est la technique du double broyage. Le premier est à couteaux produisant des copeaux de bois (broyat) grossier et le deuxième est à marteaux permettant de réduire le broyat en débris plus fins. La technique adoptée à la PFM de Bembla II est du simple broyage à marteaux, et le compost sylvicole produit subit, généralement, un broyage ultérieur d'affinage. Le broyat obtenu, mis en andain sur une aire bétonnée et étalé par couches d'environ 20 cm d'épaisseur, supporte deux traitements; soient l'humidification et l'adjonction de la matière azotée pour accélérer la multiplication des micro-organismes, et vraisemblablement le processus de dégradation aérobie. Pour chaque m<sup>3</sup> de broyat, 1 à 1,5 kg de nitrate d'ammonium (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>) dilué dans 20 l d'eau sont ajoutés lors de la confection. Il en est de même lors du premier retournement des andains.

### 1.3.- Traitements des composts sylvicoles

Les composts sylvicoles produits nécessitent généralement des traitements d'affinage par broyage et/ou criblage en vue d'optimiser leur granulométrie après maturation. Les substrats de culture produits mis à l'essai dans la présente étude sont au nombre de neuf, dont trois substrats de la PFM Bembla II et six de la PFM Chott Mariem (tab. I).

**Tableau I.-** Substrats de culture produits mis à l'essai

[\*: Substrat de référence (témoin)]

Traitement	Pépinière	
	Bembla II	Chott Mariem
Compost Brut (*)	S <sub>1</sub>	S <sub>4</sub>
Criblage Rotatif	S <sub>2</sub> (M <sub>6</sub> )	S <sub>5</sub> (M <sub>6</sub> )
	S <sub>3</sub> (M <sub>10</sub> )	S <sub>6</sub> (M <sub>10</sub> )
Criblage Vibrant		S <sub>7</sub> (M <sub>6</sub> )
		S <sub>8</sub> (M <sub>8</sub> )
		S <sub>9</sub> (M <sub>12</sub> )

Il s'agit de substrats bruts (deux) et d'une série de substrats provenant de simples criblages mécaniques vibrant (trois) et rotatif (quatre) à mailles carrées M<sub>6</sub>, M<sub>8</sub>, M<sub>10</sub> et M<sub>12</sub> de dimensions respectives 6x6, 8x8, 10x10 et 12x12 mm.

### 1.4.- Évaluation des propriétés physiques et hydriques des substrats

#### 1.4.1.- Caractéristiques physiques et hydriques considérées

**Tableau II.-** Expressions et normes d'appréciation des paramètres d'étude

Paramètres	Expressions	Normes d'appréciation
MVA (g/cm <sup>3</sup> )	$(M_s - M_v) / V$	0,08 <- < 0,40
PT (%)	$(VA/VT) \times 100$	≥ 50
PA (%)	$(VR/VT) \times 100$	≥ 20
PR (%)	PT - PA	≥ 30
□ <sub>v</sub> (%)	$((MpF - M_v - M_s) / V) \times 100$	-
Pt (%)	95,83 - 32,43 x MVA	≥ 88
□ <sub>air</sub> (%)	Pt - □ <sub>eau</sub>	≥ 20
DE (%)	$(pF1 - pF2) \times 100$	≥ 25

MVA = Masse volumique apparente; PT (%) = Porosité Totale ; PA (%) = Porosité d'Aération ; PR (%) = Porosité de Rétention; □<sub>v</sub> (%) = Teneur en eau volumique; Pt (%) = Porosité totale (selon la formule de Gras); □<sub>air</sub> (%) = Teneur en air; DE (%) = Disponibilité en eau; M<sub>s</sub> = Masse de l'échantillon sec (g); M<sub>v</sub> = Masse de la capsule vide (g); V = Volume de la capsule (100 cc); VA = Volume d'eau versé; VR = Volume d'eau recueilli; VT = Volume d'eau total; MpF = Masse de l'échantillon pour chaque pF; □<sub>eau</sub> (%) = Teneur en eau; pF = Potentiel hydrique.

Les composts sylvicoles bruts ainsi que les tamisats qui en sont issus ont fait chacun l'objet, d'une part, d'analyses physiques relatives à la masse volumique apparente (MVA) sèche ainsi qu'aux porosités totale PT (occupée par les fluides), d'aération PA

(macroporosité), et de rétention PR (microporosité), et d'autre part, de caractérisations hydriques relatives au potentiel de l'eau (courbe de désorption en eau), à la disponibilité en eau DE et au temps de réhumectation TR (mouillabilité). Les tests sur les neuf substrats considérés ont été réalisés à raison de trois répétitions pour un total de 27 tests élémentaires et la moyenne des trois répétitions est retenue. Le tableau II récapitule les paramètres physiques et hydriques mis à l'étude, leurs expressions et les normes d'appréciation rapportées, entre autres, par MOREL *et al.* (2000) [11].

#### 1.4.2.- Masse volumique apparente sèche

La masse volumique apparente (MVA) sèche représentant la masse de l'unité de volume à l'état sec a été déterminée après la mise des échantillons dans l'étuve à une température de 105°C pendant 24 heures [12].

#### 1.4.3.- Porosités

Les porosités totales, d'aération et de rétention ont été évaluées moyennant le test standard de porosité. Il consiste à i) remplir le conteneur avec de l'eau après obstruction de ses trous de drainage, et mesurer le volume d'eau versé (VT) dans ses trois cavités; ii) vider les cavités de l'eau et les remplir avec du substrat sec; iii) verser un volume (VA) de l'eau pour amener les substrats à saturation; et iv) libérer les trous de drainage et mesurer le volume d'eau recueilli (VR) pendant 5 à 10 mn.

#### 1.4.4.- Courbes de désorption en eau

Le potentiel matriciel ou hydrique (pF) pour différents taux d'humidité traduit la force avec laquelle le substrat retient l'eau face au potentiel racinaire d'extraction des plants. Ce dernier a été déterminé au laboratoire des Systèmes de Productions Oléicole et Fruitière de l'Institut de l'Olivier (Station de Soussse) à l'aide de la table à succion type bac de sable pour des valeurs remarquables du pF à savoir: 0; 0,4; 1; 1,7 et 2. En vue d'établir la courbe de désorption de chaque substrat étudié, les substrats sont soumis tout d'abord sous une pression d'eau jusqu'à la saturation. Ensuite, chaque substrat est soumis à une succion correspondante à un pF donné, et la teneur en eau volumique ( $\square v$ ) correspondante est également déterminée (tab. II). D'autres caractéristiques des substrats ont été déterminés à partir de leurs courbes de désorption à savoir les teneurs en eau et en air à pF1 (capacité en bac) ainsi que la disponibilité en eau (DE). La porosité totale a été évaluée indirectement à partir de la masse volumique apparente par application de la formule de Gras [13]. La teneur en air ( $\square air$ ) a été estimée en soustrayant de la valeur de la porosité totale (Ptdéterminée par la formule de Gras), la teneur en eau déduite à partir de la courbe de désorption en eau du substrat (tab. II). La disponibilité en eau est représentée par la quantité d'eau libérée par le substrat entre les potentiels hydriques pF<sub>1</sub> et pF<sub>2</sub> [14].

#### 1.4.5.- Mouillabilité

Outre la capacité de rétention en eau et les porosités supports de culture, la mouillabilité constitue une caractéristique physique et hydrique d'un substrat donné. La mouillabilité est exprimée par le temps de réhumectation (TR), et elle est déterminée pour les neuf substrats étudiés moyennant la technique de mesure du temps de pénétration d'une goutte d'eau (Water Drop Penetration Time). Pour chaque substrat testé, la mesure du TR a été effectuée sur neuf cavités (3 répétitions x 3 cavités) et c'est la moyenne qui a

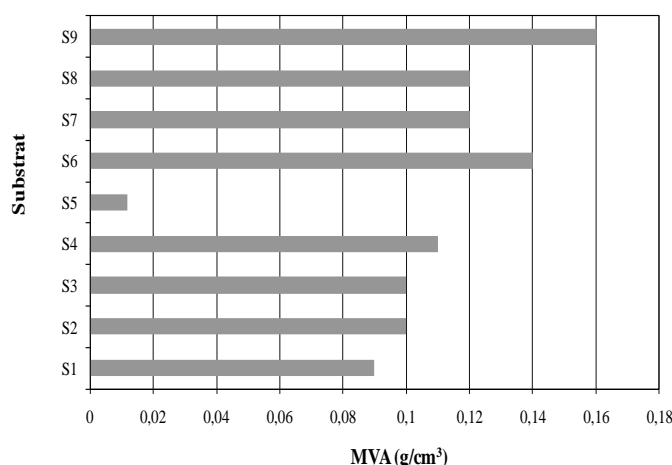
été retenue.

## 2.- Résultats et discussion

### 2.1.- Caractérisation physique des substrats

#### 2.1.1.- Évaluation de la masse volumique apparente

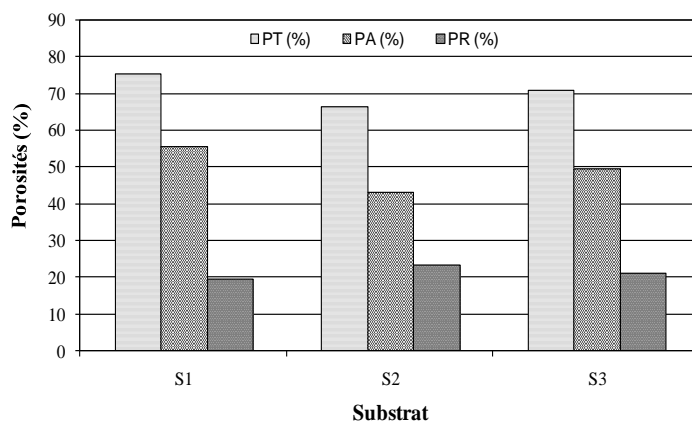
La MVA reflète le degré de compaction du substrat et affecte fortement ses propriétés physiques critiques notamment sa teneur en air et sa conductivité hydraulique saturée. La figure 1 présente la variation de la masse volumique apparente sèche obtenue pour l'ensemble des substrats étudiés. A l'exception du substrat S5, issu du criblage rotatif à la Maille M6, la totalité des substrats respectent les normes de la MVA ( $0,08 < MVA < 0,4 \text{ g/cm}^3$ ) et constituent ainsi des milieux favorables à l'étalement et l'ancrage des racines dans les conteneurs sans contrainte majeure quant à leur emploi pour l'élevage des plants [15]. La plus faible MVA (0,008) est présentée par le substrat criblé S5 (M6). Par contre, la MVA la plus élevée (0,16) est observée pour le S9, à cause de son degré de compaction relativement élevé.



**Figure 1.-** Masse volumique apparente des substrats étudiés

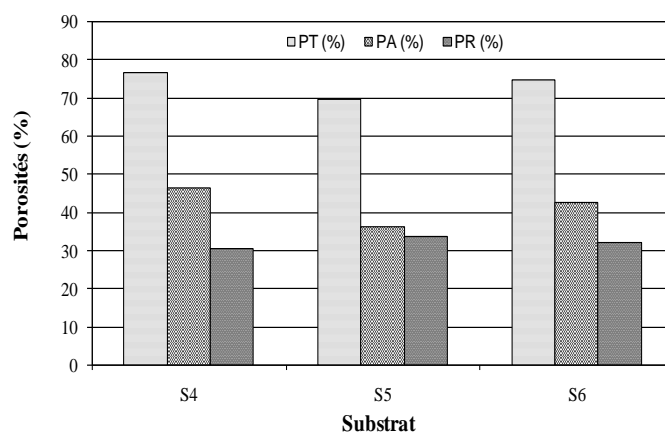
#### 2.1.2.- Évaluation des porosités

Les porosités totales, d'aération et de rétention des substrats bruts et criblés des deux PFM sont illustrées sur les figures 2, 3 et 4. La figure 2 révèle que les substrats bruts et ceux issus du criblage rotatif (PFM Bembla II) répondent à la norme pour la porosité totale ( $PT \geq 50\%$ ) sans toutefois respecter la norme pour la porosité de rétention ( $PR \geq 30\%$ ). De plus, ces résultats dévoilent que le compost criblé de Bembla II montre une porosité d'aération qui dépasse largement la norme ( $PA \geq 20\%$ ) étant donné qu'il contient des particules grossières. Ceci lui attribue une caractéristique drainante qui, non seulement laisse une faible quantité d'eau retenue à la disposition des racines, mais également favorise le drainage rapide et le lessivage des éléments minéraux.



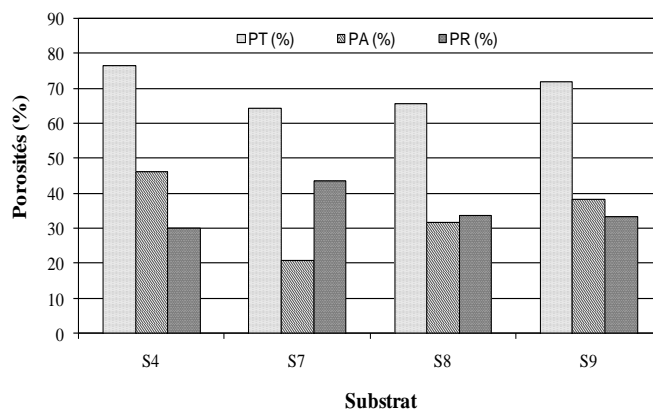
**Figure 2.-** Porosité des substrats issus du criblage rotatif (PFM Bembla II)  
[S<sub>1</sub>: Substrat de référence (témoin)]

La figure 3 révèle que les substrats issus du criblage rotatif (PFM Chott Mariem) répondent aux normes pour la porosité totale avec une porosité de rétention adéquate ( $PR \geq 30\%$ ). Cependant, la porosité d'aération est élevée. La porosité d'aération du substrat S<sub>6</sub> est plus élevée que celle du substrat S<sub>5</sub>, étant donné la taille de ses particules. En effet, plus la taille des particules est grande, plus l'aération est élevée.



**Figure 3.-** Porosité des substrats issus du criblage rotatif (PFM Chott Mariem)  
[S<sub>4</sub>: Substrat de référence (témoin)]

La figure 4 dévoile que le substrat brut (S<sub>4</sub>) et les substrats issus du criblage vibrant (PFM Chott Mariem) (S<sub>7</sub>, S<sub>8</sub> et S<sub>9</sub>) répondent tous aux normes pour la porosité totale avec une légère augmentation pour le compost sylvicole brut S<sub>4</sub>. Plus la taille des particules augmente, plus la porosité d'aération augmente et la rétention en eau diminue.

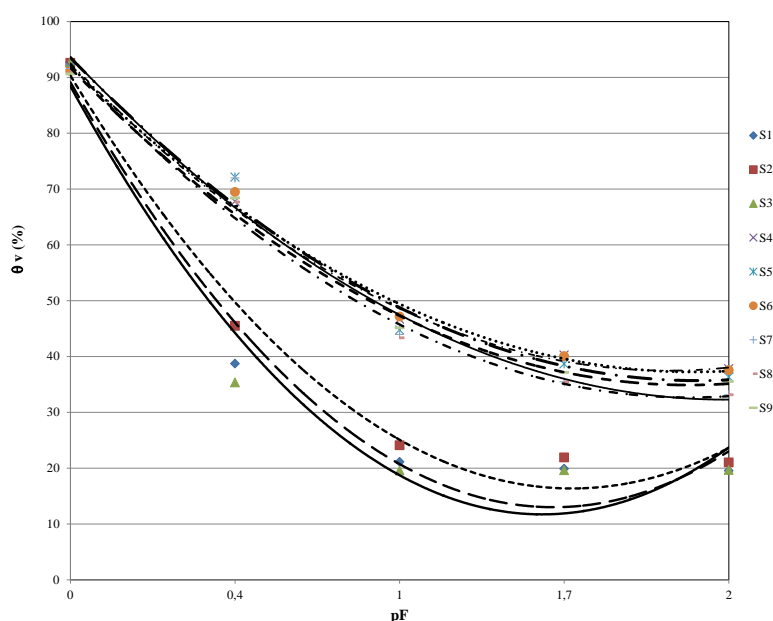


**Figure 4.-** Porosité des substrats issus du criblage vibrant (PFM Chott Mariem)  
[S4: Substrat de référence (témoin)]

## 2.2.- Appréciation du comportement hydrique des substrats de culture

### 2.2.1.- Établissement des courbes de désorption en eau

Le potentiel matriciel des substrats se trouve associé à une teneur en eau et en air selon sa courbe de désorption en eau (courbe de pF). Les courbes établies pour les neuf substrats analysés sont présentées sur la figure 5. Les courbes en question montrent que la porosité totale (exprimant les volumes potentiellement disponibles pour la rétention en eau et en air, de tous les substrats testés répondent à la norme ( $\geq 88\%$ ) avec des valeurs variant de 90,6 à 92,7%. L'allure générale des courbes présente une pente très forte jusqu'au pF1 pour tendre vers l'horizontale par la suite. Cependant, la chute de la teneur en eau volumique observée est beaucoup plus importante dans le cas des substrats S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub> et S<sub>3</sub> de la PFM de Bembla II.

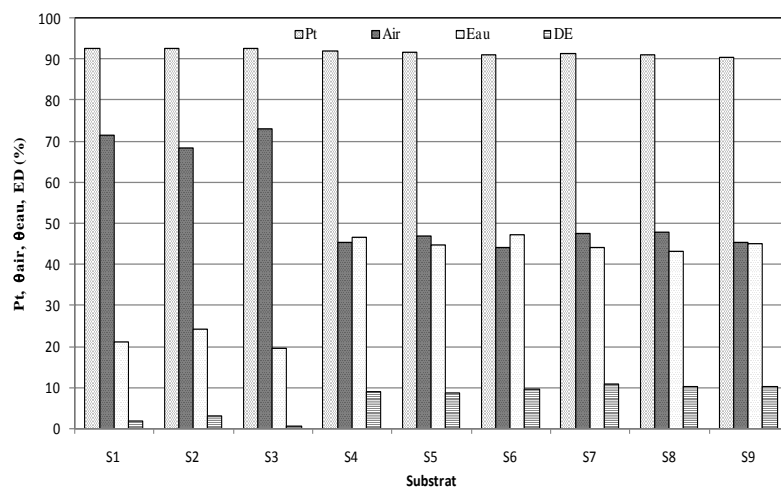


**Figure 5.-** Courbes de désorption en eau des substrats étudiés

L'interprétation des courbes de désorption en eau se base le plus souvent sur les teneurs en eau et en air à pF1 (capacité en bac) et sur les disponibilités en eau. Ces



dernières sont présentées sur la figure 6.



**Figure 6.-** Caractéristiques hydriques des substrats étudiés

L'analyse des résultats obtenus permet de distinguer principalement deux catégories de substrats de culture :

- Très aérés (teneurs en air entre 68,5 et 73,1%) mais à faibles teneurs en eau (entre 19,6 et 24,1%) et très faible disponibilité en eau (entre 0,6 et 3,1%) avec une réserve hydrique très faible (presque absence du pouvoir tampon hydrique de potentiel hydrique) : cas des substrats S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub> et S<sub>3</sub> issus de la pépinière de Bembla II, qui imposeraient alors une grande fréquence d'irrigation à faible dose, afin d'éviter que la croissance des plants ne soit affectée,

- Aérés (teneurs en air entre 44,0 et 47,8%), à teneurs en eau plus ou moins élevées (entre 43,3 et 47,1%), à faible disponibilité en eau (entre 8,6 et 10,8%) et à pouvoir tampon moyen: cas des six substrats de S<sub>4</sub> à S<sub>9</sub> issus de la pépinière de Chott Mariem, qui nécessitent des arrosages longs et espacés susceptibles de procurer une nutrition hydrique optimale des plants.

Le substrat convenable est S<sub>7</sub>, issu du criblage vibrant à la maille M6 présentant la disponibilité en eau la plus élevée, et par suite, la meilleure capacité d'autonomie hydrique des plants tout en assurant une oxygénation suffisante aux racines avec une teneur en air de 47,6%; une valeur qui semble être plus faible que celle des autres substrats, cependant, elle dépasse la norme de 20% [16, 17], suffisante pour un bon développement du système racinaire des plants.

Les résultats des contrôles expérimentaux entrepris par M'SADAK *et al.* (2014) [18], visant l'évaluation des propriétés physiques et hydriques du compost sylvicole brut et des tamisats issus du criblage vibrant appliqué, concordent en grande partie avec les acquis obtenus lors de cette étude. En effet, ils ont dévoilé que la plupart de tels tamisats présente une forte porosité d'aération, une faible teneur en eau et une faible disponibilité en eau. Les substrats ainsi essayés peuvent être classés comme très aérés et à faible disponibilité en eau, exigeant ainsi des doses d'arrosage faibles et à forte fréquence. De ce fait, il convient de bien raisonner le traitement physique à adopter pour le compost (criblage et/ou broyage d'affinage selon différentes techniques), en vue d'avoir un substrat particulièrement adéquat de point de vue ajustement granulométrique.

### 2.2.2.- Évaluation du temps de réhumectation

Les temps de réhumectation des neuf substrats essayés sont illustrés dans le tableau III. Ce dernier permet de constater que les temps de pénétration de l'eau au sein des substrats issus de la PFM Bembla II (bruts et criblés) sont nettement inférieurs à ceux obtenus pour la PFM Chott Mariem, montrant une meilleure mouillabilité de S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub> et S<sub>3</sub> attribuée à leur porosité qui est plus importante. Pour les substrats à base de compost sylvicole brut (S<sub>1</sub> de la PFM Bembla II et S<sub>4</sub> de la PFM Chott Mariem), ces derniers mettent moins de temps de réhumectation que les substrats issus du criblage. Quant aux substrats criblés, moyennant les deux procédés rotatif ou vibrant, la figure témoigne une variation inversement proportionnelle entre les dimensions du crible et le temps de réhumectation. Plus la maille du crible est importante, plus le temps de réhumectation est faible. De plus, les résultats dévoilent que la technique de criblage semble avoir un effet sur la mouillabilité du support de culture. En effet, les substrats S<sub>5</sub> et S<sub>6</sub> issus de la PFM de Chott Mariem ont des temps de réhumectation plus faibles que ceux obtenus pour les substrats S<sub>7</sub>, S<sub>8</sub> et S<sub>9</sub>, ce qui montre que le criblage rotatif donne au substrat une meilleure mouillabilité que le criblage vibrant.

**Tableau III.-** Temps de réhumectation des substrats étudiés

Pépinière	Substrat	TR (s)
PFM Bembla II	S <sub>1</sub>	76,92
	S <sub>2</sub>	138,46
	S <sub>3</sub>	115,38
PFM ChottMariem	S <sub>4</sub>	215,38
	S <sub>5</sub>	438,46
	S <sub>6</sub>	300,00
	S <sub>7</sub>	607,69
	S <sub>8</sub>	492,30

### Conclusion

La qualité des plants forestiers produits en pépinière est considérée comme l'un des facteurs limitant l'installation et la survie des jeunes semis en site de reboisement. Cette qualité dépend en grande partie des caractéristiques physiques, chimiques et biologiques des substrats utilisés comme milieu de culture pour la production des plants en conteneurs. Dans le but de mettre au point un substrat à base de tamisat sylvicole adéquat pour l'élevage en conteneurs des plants forestiers, l'étude des caractéristiques physiques et hydriques de neuf substrats, composés des composts sylvicoles bruts et criblés (criblages vibrant ou rotatif), employés occasionnellement dans deux pépinières du Sahel Tunisien, zone littorale semi-aride, a révélé deux types de substrats. Il s'agit des substrats très aérés avec une très faible disponibilité en eau (cas des substrats issus de la PFM de Bembla II) et d'autres aérés à faible disponibilité en eau (cas des substrats issus de la PFM de Chott Mariem). Les résultats acquis ont montré que plus le substrat est fin plus la disponibilité de l'eau est meilleure. En contre partie, plus les particules du substrat sont grossières, plus le temps de réhumectation est court. D'ailleurs, les substrats issus du criblage rotatif mettent plus de temps pour se réhumecter étant donné leur texture plus fine.

En définitive, il convient de poursuivre les investigations pour bien décider quant au traitement physique à opter pour le compost sylvicole adopté (criblage et/ou broyage

d'affinage selon la procédure appropriée, criblage vibrant ou rotatif, maille optimale de criblage), en vue d'avoir un substrat de croissance spécialement conforme de point de vue adaptation granulométrique (substrat à la fois aérateur et rétenteur), et par conséquent, adéquat sur les plans physique (notamment porosité) et hydrique (particulièrement, disponibilité en eau) pour la production hors sol des plants forestiers.

## Remerciements

Les auteurs remercient vivement le Laboratoire des Systèmes de Productions Oléicole et Fruitière de l'Institut de l'Olivier (Station de Sousse, Tunisie) qui a mis à leur disposition les moyens nécessaires pour la caractérisation hydrique des substrats ainsi que les deux Pépinières Forestières Modernes (Chott Mariem et Bembla II, Sahel Tunisien) pour la mise à leur disposition de leurs composts sylvicoles et des équipements de criblage adoptés.

## Références bibliographiques

- [1].- Rose R., Haase D. L., Boyer D., 1995.- Organic matter management in forest tree nurseries: theory and practice. Corvallis OR, USA, Nursery Technology Cooperative, Oregon State University, 67 p.
- [2].- Raviv M., Zaidman B. Z., Kapulnick Y., 1998.- The use of compost as peat substitute for organic vegetable transplants production. *Compost Science and Utilization*, 6(1): 46-52.
- [3].- Fitzpatrick G. E., 2001.- Compost utilization in ornamental and nursery crop production systems. In: *Compost utilization in horticultural cropping systems*. Lewis Publishers, 135-150.
- [4].- M'Sadak Y., Elouaer M. A., El Kamel R., 2012.- Comportement physique des composts, des tamisats et des mélanges pour une meilleure exploitation en pépinière : Caractérisation physique des composts bruts, criblés et en mélange. *e-Revue de Génie Industriel [en ligne]*, N° 8, 16 Août 2012, 44-54. ISSN : 1313-8871.  
<http://www.revue-genie-industriel.info/document.php?id=1607>
- [5].- M'Sadak Y., Elouaer M. A., El Kamel R., 2013.- Évaluation du comportement chimique des composts, des tamisats et des mélanges élaborés pour la conception des substrats de culture- *Revue Nature & Technologie*, N° 8 (C), Janvier 2013, 54-60. ISSN : 11129778.  
[www.univchlef.dz/revuenatec/Art\\_08\\_C\\_08.pdf](http://www.univchlef.dz/revuenatec/Art_08_C_08.pdf)
- [6].- M'Sadak Y., Saad I., Saidi D., 2013.- Suivi et analyse thermiques du processus de Co-compostage sylvicole dans une pépinière forestière moderne- *Journal of Fundamental and Applied Sciences (JFAS)*, 5 (1), Juin 2013, 1-12. ISSN : 1112-9867.  
[jfas.info/index.php/JFAS/article/view/94](http://jfas.info/index.php/JFAS/article/view/94)
- [7].- M'Sadak Y., Ben M'Barek A., Tayachi L., 2013.- Comportement des plants d'Acacia installés sur des substrats à base de compost sylvicole avec ou sans méthacompost avicole dans une pépinière moderne en Tunisie- *Journal of Fundamental and Applied Sciences (JFAS)*, 5 (1), Juin 2013, 38-50. ISSN : 1112-9867.

[jfas.info/index.php/JFAS/article/view/95](http://jfas.info/index.php/JFAS/article/view/95)

- [8].- Lamhamedi M.S., Fecteau B., Godin L., Gingras Ch., El Aini R., Gader Gh., Zarrouk M.A., 2006.- Guide pratique de production en hors sol de plants forestiers, pastoraux et ornementaux en Tunisie. Projet : ACIDI E4936-K061229. Direction Générale des Forêts, Tunisie et Pampev Internationale Ltée, Canada, 114 p.  
[www.mrn.gouv.qc.ca/.../forets/.../Guide-production-hors-sol-Tunisie.pdf](http://www.mrn.gouv.qc.ca/.../forets/.../Guide-production-hors-sol-Tunisie.pdf)
- [9].- M'Sadak Y., Elouaer M.A., El Kamel R., 2012.- Évaluation des substrats et des plants produits en pépinière forestière, Revue Bois et Forêts des Tropiques (BFT), 313 (3), 2012, 61-71. ISSN: 0006-579X. [bft.cirad.fr/revues/notice\\_fr.php?dk=566986](http://bft.cirad.fr/revues/notice_fr.php?dk=566986)
- [10].- M'Sadak Y., Elouaer M.A., Dhahri M., 2013.- Caractérisation physique des substrats de croissance pour une meilleure adaptation à la filière horticole en Tunisie- Revue Nature & Technologie, 9 (B), Juin 2013, 27-34. ISSN : 1112-9778.  
[www.univ-chlef.dz/revuenatec/Issue\\_09\\_Art\\_B\\_05.pdf](http://www.univ-chlef.dz/revuenatec/Issue_09_Art_B_05.pdf)
- [11].- Morel, P., Poncet, L., Rivière, L. M., 2000.- Les supports de culture horticoles, Éd. INRA, Paris, France, 87 p.
- [12].- Miller J.H., Jones N., 1995.- Organic and compost-based growing media for tree seedlings nurseries. World Bank technical paper, N° 264.
- [13].- Gras R., Agius I., 1983.- Quelques propriétés physiques des substrats horticoles, PHM Revue Horticole, 234: 11-13.
- [14].- Michelot P., 2000.- Le couple substrat-irrigation en pépinière : un tandem indissociable. PHM Revue Horticole, 418: 30-34.
- [15].- Clauzel J.M., 1997.- L'analyse physique du substrat, outil méconnu du producteur hors sol. Bordeaux, Laboratoire d'analyses et de conseils agronomiques, Lettre d'information.
- [16].- CPVQ., 1993.- Pépinière- Culture en conteneurs- Substrats. Document Technique, Conseil des Productions Végétales du Québec, Canada, 19 p.
- [17].- Lemaire F., Dartigues A., Rivière L. M. et Charpentier S., 1989.- Cultures en pots et conteneurs. Principes Agronomiques et Applications, Publications Agricoles AGEN (Ed.), Paris, 123-133.
- [18].- M'Sadak Y., El Amri A., Majdoub R., Ben Ali M., 2014.- Caractérisations physique et hydrique des substrats de culture des plants forestiers en conteneurs, Journal Larhyss, n°17, Mars 2014, 7-20. ISSN : 1112-3680.  
[lab.univ-biskra.dz/Larhyss/.../JOURNALN°17/1.MSadak-et-al\\_French.pdf...](http://lab.univ-biskra.dz/Larhyss/.../JOURNALN°17/1.MSadak-et-al_French.pdf...)