

# ÉTUDE DES PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET CHIMIQUES DE QUELQUES SUBSTRATS DE PÉPINIÈRE FORESTIÈRE EN ALGÉRIE

K. HAMADACHE et R. AMDOUN

Institut National de la Recherche Forestière. INRF - Bainem - BP 37, Cheraga, Alger.

## ملخص

قمننا في هذه الدراسة بتحليل وفقا للخصائص الكيميائية والفيزيائية لثلاث أسر من الركائز، التي يحتمل أن تستخدم في مشتل الغابات، وفقا للخصائص الكيميائية والفيزيائية. من بين هذه الركائز: الركائز العضوية مثل النفايات السيلولوزية للأخشاب، الركائز المعدنية مثل الرمال والحصى، و الركائز المعدنية المعالجة مثل بوزولانا، الطين موسع والبرليت. الخصائص الفيزيائية الأساسية التي تم تحليلها هي المسامية، الكثافة الظاهرية و قدرة الاحتفاظ بالماء. الخصائص الكيميائية التي تم تحليلها هي درجة الحموضة والملوحة، ردود تبادل الايونات الموجبة وكذلك التحلل الحيوي (نسبة الكربون/الأزوت).

كلمات مفتاحية: الخصائص الكيميائية، الخصائص الفيزيائية، الركائز.

## RÉSUMÉ

Dans la présente étude, trois types de famille de substrats susceptibles d'être utilisés en pépinière forestière ont été étudiés pour leurs caractéristiques chimiques et physiques. Il s'agit des substrats organiques tels que les tourbes, les écorces et les déchets cellulo-ligneux ; des substrats minéraux tels que les sables et les graviers et, des substrats minéraux traités tels que la pouzzolane, l'argile expansée et la perlite. Les principales caractéristiques physiques qui ont été analysées sont la porosité, la masse volumique apparente et la capacité de rétention. Pour les caractéristiques chimiques, les principales analyses effectuées concernent les réactions de dissolution et d'hydrolyse (pH, salinité), les réactions d'échanges ou capacité d'échange cationique (CEC) ainsi que les réactions de biodégradabilité (rapport C/N).

*Mots clés* : propriétés chimiques, propriétés physiques, substrats.

## INTRODUCTION

La production de plants forestiers en pépinière nécessite d'abord une connaissance parfaite des propriétés physiques et chimiques des substrats de culture. Ces derniers sont le siège du système racinaire dont dépend le développement futur du jeune plant forestier. Un système racinaire sain et vigoureux contribue à une bonne reprise et favorise une bonne résistance des essences forestières aux différents stress (hydrique, salin...etc.).

Le terme de substrat s'applique à tout matériau poreux (Gras, 1982.a), naturel ou artificiel, pur ou en mélange, utilisé tel quel ou enrichi, qui placé dans un conteneur, permet l'ancrage du système racinaire de la plante et joue le rôle de support (Brun, 1993).

Un substrat est formé par une phase solide, une phase aqueuse et une phase gazeuse (Lemaire *et al.*, 1989). C'est la phase solide qui assure le maintien et la stabilité du système racinaire. Elle est constituée d'une trame avec des espaces

lacunaires appelés porosité, au sein desquels se trouvent les fluides, qui regroupent la phase aqueuse et la phase gazeuse. La phase aqueuse assure l'approvisionnement de la plante en eau et en éléments nutritifs ; la phase gazeuse assure le transfert d'oxygène et du CO<sub>2</sub> intervenant au cours de la respiration racinaire. Ceci implique que le substrat doit présenter une phase gazeuse renouvelable pour la fourniture de l'oxygène qui dépend directement de la structure physique du substrat en particulier la porosité et la capacité de rétention en eau qui est un des paramètres clefs pour la conduite des irrigations. Les principales propriétés physiques des substrats sont donc : la porosité totale (Pt), la capacité de rétention de l'eau (CR).

Contrairement aux substrats inertes qui ne présentent pas d'interaction chimique entre la phase solide et la phase liquide, la connaissance des propriétés chimiques des substrats actifs est très importante pour ajuster la fertilisation en cours de culture. Les propriétés chimiques les plus importantes sont : le pH, la salinité mesurée par conductivité électrique (CE) et la capacité d'échange cationique (CEC) (Lemaire *et al.*, 1989).

L'une des contraintes majeures qui affecte la qualité du plant forestier est l'utilisation des substrats de culture non standardisés (Lemhamedi, 2000). Donc, L'utilisation du substrat standard de pépinière constitue un grand avantage à l'amélioration et à la généralisation des techniques de production de plants dans les pépinières forestières. Le choix d'un substrat de pépinière devra se faire en

fonction de ses caractéristiques physiques et chimiques en incluant des considérations économique. Ce travail vise à caractériser des substrats disponibles en Algérie puis à les classer en fonction de leurs critères physiques et chimiques pour un choix ultérieur par les pépiniéristes forestiers. Nous aborderons également, les qualités biologiques telles que la biodégradabilité.

## MATERIEL ET METHODES.

Les principales familles de substrats étudiés sont :

- 1) Les matériaux organiques ;
- 2) Les matériaux minéraux ;
- 3) Les matériaux minéraux traités.

Les analyses sont effectuées au laboratoire de pédologie de l'Institut National de Recherche Forestière INRF.

### 2.1. PRINCIPALES FAMILLES DE SUBSTRATS ETUDIÉS.

Les matériaux organiques.

**Les tourbes.** Les tourbes sont des matériaux à base de végétaux contenant peu de minéraux. Ils sont classés en fonction des végétaux qui composent les tourbières, la fibrosité et du degré de leur décomposition. Les propriétés des tourbes dépendent de leur origine végétale (Brun, 1993). Les tourbes analysées lors de notre travail proviennent du lac Tonga et du lac noir d'El-Kala.

**Les tiges.** Les tiges, calibrées à environ 5 mm, sont prélevées sur les arbres de Casuarina de la forêt de Bainem.

**Les écorces de résineux.** Elles sont issues de l'industrie du bois entre autre. Les écorces étudiées sont celles du pin d'Alep récoltées à la forêt de Bainem et calibrées à environ 5 mm.

**Les déchets cellulo-ligneux.** Ce sont des sous produits agricoles ou industriels qui peuvent entrer dans les mélanges des substrats tels que les déchets de liège, les marcs de raisin, les grignons d'olive, la paille et la fibre cellulosique. Le matériau étudié provient de l'industrie du liège récupéré de la station INRF de Jijel. Ce substrat est calibré à environ 5 mm.

Les matériaux minéraux.

**Les sables et graviers.** Ils sont issus de carrières ou de rivières. Les sables sont constitués de grains compris entre 0,2 et 2 mm, les graviers entre 2 et 20 mm (Brun, 1993). Pour notre cas le gravier provient des rivières de Bouira et les sables grossiers ( $\leq 2$  mm) proviennent des rivières d'El-Kala et de Bouira.

**La pouzzolane.** La pouzzolane est une roche volcanique. C'est un substrat disponible en Algérie et provient du gisement situé à Beni-Saf. Sa granulométrie étudiée est de 2 - 4 mm.

Les matériaux minéraux traités.

**L'argile expansée.** Ce substrat est obtenu par chauffage à 1100° C des nodules d'argile humide. C'est un matériau chimiquement inerte et se présente sous forme de petites sphères. Il est disponible en Algérie dans la région de Blida (Bouinan). Sa granulométrie est de 2 - 4 mm.

**La perlite.** La perlite à la base est un sable siliceux volcanique qui est chauffé à 1000° C ce qui provoque un gonflement approximativement de 20 fois le volume initial. C'est un matériau chimiquement inerte non disponible en Algérie, il est importé d'Italie. Sa granulométrie est  $\leq 5$  mm environ.

## 2.2. ETUDE DES CARACTERISTIQUES PHYSIQUES.

La porosité (Pt). C'est le pourcentage du volume des vides par rapport au volume total du substrat (Lemaire *et al.*, 1989) :

$$Pt = (Mvr - Mva) / Mvr$$

**Mvr** : masse volumique réelle et

**Mva** : masse volumique apparente.

La masse volumique réelle (Mvr) a été estimée par simple calcul à partir de la perte au feu. 10 g d'échantillon sont séchés à l'étuve à 105°C puis minéralisé au feu (environ 550°C). Les matières organiques ont une masse volumique réelle de  $1,55 \times 10^3$  Kg/m<sup>3</sup> et la masse volumique réelle de la matière minérale (cendres) est de  $2,56 \times 10^3$  Kg/m<sup>3</sup>. La masse volumique réelle (Mvr) a été calculée à partir de la formule suivante (Lemaire *et al.*, 1989) :

$$Mvr = 100 / (M.O / 1.55 + (100 - M.O) / 2.75)$$

Où M.O représente la valeur de la matière organique (%). La mesure de la masse volumique apparente sèche est effectuée sur des substrats contenus dans un volume de 0,2 litre en exerçant sur eux une pression d'environ 20 g/cm<sup>2</sup>.

**Morphologie de l'espace poral.** La connaissance de la porosité totale ne suffit pas pour décrire l'espace poral d'un substrat. Lemaire *et al.*, (1989) distinguent la porosité intra granulaire qui concerne les vides à l'intérieur même de chacun des granules et la porosité inter granulaire qui est formée par les vides entre les granules. A cette fin, nous avons pris des photographies sous loupe pour étudier ces caractéristiques à un grossissement de Gr 10 x 6 au département de phytotechnie de l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique (ENSA, El-Harrach).

**La capacité de rétention en eau.** C'est la teneur en eau moyenne maximale que peut retenir un substrat contenu dans un récipient après saturation complète et ressuyage libre (Lemaire *et al.*, 1989). Les mesures ont été effectuées sur 10 g de substrat et sont exprimées sur la base du volume apparent.

### 2.3. ÉTUDE DES CARACTÉRISTIQUES CHIMIQUES.

**Réaction de dissolution et d'hydrolyse : pH et Salinité.** Les mesures du pH et de la salinité (conductivité électrique, CE en mmho/cm) de la solution du substrat ont été réalisées d'après le protocole proposé par Roger et Korenski (1997) : Le rapport de dilution utilisé est un volume de substrat pour deux volumes d'eau distillée (rapport 1/2). Le mélange (substrat + eau distillée) est agité à l'aide d'un agitateur rotatif pendant deux heures. Après 20 heures de décantation du mélange, on mesure le pH et la CE du filtrat. Selon une échelle proposée

par Roger et Korenski (1997), un substrat possède un niveau de salinité bas si sa CE est inférieure à 0,25 mmho/cm. Le substrat possède une salinité convenable avec une CE qui se situe entre 0,25 et 0,75 mmho/cm. Le substrat est salin si sa CE est de 0,75-1,75 mmho/cm. Sa salinité est excessive si la valeur de la CE se situe entre 1,75-2,25 mmho/cm. Elle est très excessive avec une CE supérieure à 2,25 mmho/cm.

**Réaction ou capacité d'échange cationique (CEC).** L'excès de charges négatives dans la structure cristalline des minéraux dans le cas des substrats minéraux ou sur les fonctions - COO<sup>-</sup> des substrats organiques peut fixer des cations (Brun, 1993). Dix grammes (10 g) de substrats sont introduits dans une colonne à percolation. Une solution d'acétate de sodium à pH 8,2 est percolée, de cette manière l'excès des cations Na<sup>+</sup> sature le substrat en déplaçant les cations échangeables. La solution saline en excès est lavée par de l'alcool éthylique 95°. A ce stade, seuls les cations Na<sup>+</sup> sont retenus par le substrat qu'il faudra déplacer par percolation à l'aide de la solution d'acétate d'ammonium (N) à pH 7. Le sodium récupéré est ensuite dosé par spectrophotométrie. Les résultats sont exprimés en meq/100 g de substrat. La CEC d'un substrat sera qualifiée : de très faible si elle est inférieure à 5 meq/100 g ; de faible entre 5 et 10 meq/100 g ; de moyenne avec une CEC comprise entre 10 et 15 meq/100 g ; d'élevée pour une valeur de CEC qui se situe entre 15 et 25 meq/100 g ; et de trop élevée si la CEC est supérieure à 25 meq/100 g.

**Réaction de biodégradabilité.** Ces réactions concernent essentiellement les substrats organiques frais. Les mesures ont été effectuées sur un échantillon de 10 g. le rapport du carbone est de l'azote (C/N) après dosage révélera la réaction à la biodégradabilité. Un rapport faible de C/N, indique un substrat biodégradable.

## RESULTATS ET DISCUSSION

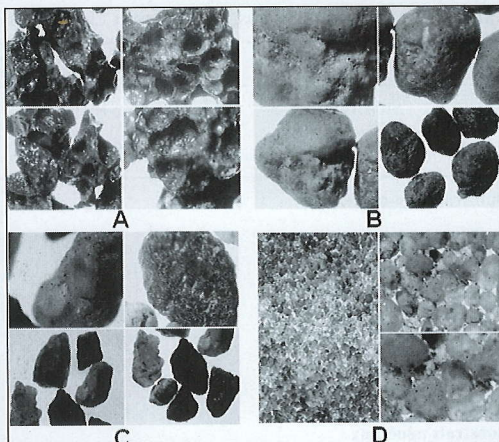
La porosité inter granulaire n'est pas prise en compte dans la répartition de l'aire et de l'eau. Le seul intérêt est qu'elle caractérise les substrats légers (Lemaire *et al.*, 1989). D'après la figure 1, on remarque que la pouzzolane de Béni-Saf (A) possède cette caractéristique, mais la figure ne permet pas d'être affirmative sur l'effet éventuel de l'espace poral inter granulaire de la pouzzolane sur la circulation de l'eau dans les granules pour pouvoir participer à l'alimentation hydrique. Seuls les granules de la pouzzolane de Béni-Saf présentent des arrêtes ce qui pourrait blesser les racines lors des opérations de repotage, par exemple. Les autres substrats, comme l'argile expansée grossière de Blida (B) et le sable de rivière d'El-Kala (D) présentent des contours lisses et d'assez bons espaces inter granulaires.

### 3.2. Caractéristiques physiques et chimiques des substrats.

Les résultats des analyses physiques et chimiques des substrats sont rapportés dans le tableau I.

#### Les substrats organiques.

**Les tourbes.** Elles sont des matériaux



**Figure 1 : Aspect morphologique des granules de quelques substrats analysés (Gr 10 x 6) :**

**A :** Pouzzolane grossière (Beni-Saf) ( $2 \text{ mm} < d < 4 \text{ mm}$ ) ; **B :** Argile expansée grossière (Blida) ( $2 \text{ mm} < d < 4 \text{ mm}$ ) ; **C :** Graviers (Bouira) ( $2 \text{ mm} < d < 4 \text{ mm}$ ) ; **D :** Sable de rivière (El-Kala) (2 mm).

poreux. La porosité est de 86,7% et 88,5% pour respectivement celle du lac Tonga et du lac Noir. Ce sont des matériaux légers, la masse volumique apparente est de  $0,271-0,320 \text{ g/cm}^3$ . Les tourbes sont des matériaux à grande capacité de rétention, la capacité en bac de la tourbe du lac Noir est de 74,5% et celle du lac Tonga est de 78 %.

Avec respectivement un pH de 4,5 et 5,1 la tourbe du lac Noir et du lac Tonga sont acides. La tourbe du lac Noir présente une salinité convenable avec  $0,6 \text{ mmho/cm}$ . Ce qui n'est pas le cas pour la tourbe du lac Tonga avec  $1,2 \text{ mmho/cm}$ . Elles sont chimiquement actives avec une CEC de  $350 \text{ meq/100 g}$  et de  $256 \text{ meq/100 g}$  de substrats pour respectivement la tourbe du lac noir et du lac tonga. Ces tourbes sont biodégradables avec un rapport C/N de 37 pour le lac Noir et 20 pour le lac Tonga.

**Tableau I** : Caractéristiques physiques et chimiques des substrats.

| CARACTERISTIQUES PHYSIQUES        |                                      |              |                                                |                                   |
|-----------------------------------|--------------------------------------|--------------|------------------------------------------------|-----------------------------------|
| Substrats                         | Provenances                          | Porosité (%) | Masse volumique apparente (g/cm <sup>3</sup> ) | Capacité en bac (% vol. apparent) |
| <b>Substrats organiques</b>       |                                      |              |                                                |                                   |
| Tourbe                            | Lac noir (El Kala)                   | 88,5         | 0,271                                          | 74,5                              |
| Tourbe                            | Lac Tonga (El Kala)                  | 86,7         | 0,320                                          | 78                                |
| Terreau                           | Commerce                             | 94,5         | 0,106                                          | 75,9                              |
| Tige de Casuarina                 | Bainem                               | 86,2         | 0,334                                          | 68,5                              |
| Ecorce de résineux (pin d'Alep)   | Bainem                               | 79,5         | 0,517                                          | 68,4                              |
| Déchets de liège non compostés    | Jijel                                | 92,5         | 0,161                                          | 22                                |
| Déchets de liège compostés        | Jijel                                | 82,4         | 0,443                                          | 55                                |
| <b>Substrats minéraux</b>         |                                      |              |                                                |                                   |
| Gravier                           | Bouira                               | 45,9         | 1,439                                          | 20                                |
| Sable de rivière                  | El-kala                              | 48,2         | 1,373                                          | 28                                |
| Sable de rivière                  | Bouira                               | 46,2         | 1,428                                          | 38                                |
| <b>Substrats minéraux traités</b> |                                      |              |                                                |                                   |
| Argile expansée grossière         | Blida                                | 92,1         | 0,719                                          | 26                                |
| Pouzzolane grossière              | Beni-saf                             | 69,5         | 0,790                                          | 24                                |
| Perlite grossière                 | Commerce                             | 95,8         | 0,071                                          | 48                                |
| CARACTERISTIQUES CHIMIQUES        |                                      |              |                                                |                                   |
| Substrats                         | Réaction de dissolution et hydrolyse |              |                                                | Rapport C/N                       |
|                                   | pH <sub>eau</sub>                    | CE (mmho/cm) | CEC meq/100g                                   |                                   |
| <b>Substrats organiques</b>       |                                      |              |                                                |                                   |
| Tourbe (lac Tonga)                | 4,5                                  | 0,6          | 350                                            | 37                                |
| Tourbe (lac Noir)                 | 5,1                                  | 1,2          | 256                                            | 20                                |
| Terreau                           | 4,8                                  | 2,9          | *                                              | 70                                |
| Tige de Casuarina                 | 6,4                                  | *            | 176,5                                          | 20                                |
| Ecorce de résineux (pin d'Alep)   | 6,4                                  | *            | 80,1                                           | 212                               |
| Déchets de liège non compostés    | 5,2                                  | 0,3          | 13,5                                           | 275                               |
| Déchets de liège compostés        | 4,1                                  |              | 22,3                                           | 72                                |
| <b>Substrats minéraux</b>         |                                      |              |                                                |                                   |
| Gravier (Bouira)                  | 7                                    | 0,2          | 0                                              | *                                 |
| Sable de rivière (El Kala)        | 6                                    | 0,1          | 0                                              | *                                 |
| Sable de rivière (Bouira)         | 7,2                                  | *            | 0                                              | *                                 |
| <b>Substrats minéraux traités</b> |                                      |              |                                                |                                   |
| Argile expansée grossière         | 7,6                                  | 0,07         | 25                                             | *                                 |
| Pouzzolane grossière              | 7,6                                  | 0,17         | 6                                              | *                                 |
| Perlite grossière                 | 7,2                                  | 0,52         | 8                                              | *                                 |

(\*) Valeurs non déterminées.

**Le terreau.** Il présente une porosité élevée (94,5%) pour une masse volumique apparente de  $0,106 \text{ g/cm}^3$  ce qui fait de lui un matériau très léger. Sa capacité de rétention est élevée avec 75,9%. Le terreau est un substrat acide ( $\text{pH} = 4,8$ ) possédant une salinité excessive (2,9 mmho/cm). Ce substrat est biodégradable avec un rapport C/N de 70.

**Tige de Casuarina.** Avec une porosité de 86,2%, les tiges de Casuarina constituent un substrat poreux. C'est un matériau léger ( $0,334 \text{ g/cm}^3$ ) doté d'une grande capacité de rétention (68,5%). Ce matériau est modérément acide avec un  $\text{pH}$  de 6,4. Sa CEC de 176,5 meq/100 g et son rapport C/N de 20 lui permettent d'être chimiquement actif et biodégradable.

**Ecorce de résineux.** Les écorces des résineux présentent une porosité de 79,5% et une masse volumique de  $0,517 \text{ g/cm}^3$ , ce sont des matériaux donc poreux et légers. leur capacité de rétention est élevée, elle est de 68,4%.

Avec un  $\text{pH}$  de 6,4 et une CEC de 80 meq/100g, ce substrat est modérément acide et actif. Son C/N de 212 le classe dans la catégorie des substrats difficilement biodégradable.

**Déchets de liège.** La porosité de ce matériau non composté est de 92,5% et de 82,4 après compostage. Leurs masses volumiques varient de  $0,161 \text{ g/cm}^3$  à  $0,443 \text{ g/cm}^3$ .

Le compostage provoque un abaissement du  $\text{pH}$  et du C/N. En effet, ce substrat non composté a un  $\text{pH}$  de 5,2 et un rapport C/N de 275 ce qui fait de lui un substrat modérément acide et difficilement biodégradable, sa salinité est convenable avec

0,3 mmho/cm. La CEC avant compostage et de 22,3 meq/100 g, elle diminue à 13,5 meq/100 g après compostage. Le déchet de liège composté a un  $\text{pH}$  de 4,1 et un rapport C/N de 72, ce qui fait que c'est un matériau acide et biodégradable.

### Les substrats minéraux.

Les substrats minéraux sont moyennement poreux et dense.

**Gravier.** Il possède une réaction neutre ( $\text{pH} = 7$ ). Son niveau de salinité est très bas ( $\text{CE} = 0,2 \text{ mmho/cm}$ ). Le gravier est chimiquement inerte ( $\text{CEC} = 0 \text{ meq/100g}$ ).

**Les sables de rivière.** Le sable de rivière d'El-Kala est modérément acide avec un  $\text{pH} = 6$ , tandis que le sable de Bouira est neutre ( $\text{pH} = 7,2$ ). Ces substrats possèdent un niveau de salinité très bas (0,1 mmho/cm) et une CEC nulle.

### Les substrats minéraux traités.

**Argile expansée.** C'est un substrat poreux avec 92,1%. Sa masse volumétrique est de  $0,719 \text{ g/cm}^3$  c'est un matériau assez dense et doté d'une capacité de rétention de 26%.

L'argile expansée est légèrement alcaline ( $\text{pH} = 7,6$ ), son niveau de salinité est très bas (0,07 mmho/cm) et chimiquement inerte ( $\text{CEC} = 25 \text{ meq/100g}$ ).

**Pouzzolane.** C'est un matériau poreux avec 69,5% de porosité. Ce matériau est dense ( $0,79 \text{ g/cm}^3$ ) et sa capacité de rétention est de 24 %.

Avec un  $\text{pH} = 7,6$ , la pouzzolane est légèrement alcaline. Son niveau de salinité est très bas (0,17 mmho/cm) et chimiquement inerte ( $\text{CEC} = 6 \text{ meq/100g}$ ).

**La perlite.** D'une porosité très grande (95,8 %) La perlite est très légère (0,071 g/cm<sup>3</sup>). Sa capacité de rétention est de 48%.

C'est un substrat relativement neutre (pH = 7,2). Sa salinité est faible (0,52 mmho/cm) et il est chimiquement inerte (CEC = 8 meq/100g).

## DISCUSSION GENERALE

La masse du système racinaire se développe quand l'humidité croît jusqu'à un certain optimum au-delà duquel on observe une régression (Demelon, 1946 *in* Oussadit, 1986). En effet, une mauvaise aération et un refroidissement du substrat, induit par un excès d'eau, provoquent le pourrissement des tissus contrairement aux substrats aérés (Henrard, 1968). C'est la rétention en eau ou capacité en bac qui déterminera la teneur en air pour une porosité donnée. En d'autres termes plus il y a d'eau moins il y a de l'air (Gras, 1982.b ; Brun, 1993), ceci aura pour conséquence l'appauvrissement en oxygène (Handreck et Black, 1984) et l'accumulation du CO<sub>2</sub> libéré par la respiration des tissus végétaux (Trefois, 1981) ce qui inhibera la croissance racinaire (Handreck et Black, 1984). Cette accumulation au niveau des racines est toxique (Michael et Bergman, 1954 *in* Anstett, 1979). Un taux de 1 à 2% de CO<sub>2</sub> déjà toxique, diminue la respiration racinaire (Lundergardh *in* Anstett, 1979 ; Trefois, 1981) et favorise le développement des champignons et des bactéries (Lemhamedi, 2000) qui provoquera la pourriture des tissus végétaux (Trefois,

1981). Toutefois, une masse volumique apparente comprise entre 0,10 et 0,11 g/cm<sup>3</sup> favorise une croissance des racines et des parties aériennes (Paiement, 2011). Selon Lemaire (1993) la porosité du substrat doit être de plus de 75%. Les substrats répondant à cette norme sont tous des substrats organiques analysés (de 79,5% à 94,5%). Néanmoins ces substrats peuvent être asphyxiant s'ils sont saturés en eau (Brun, 1993). En effet, ces substrats possèdent une grande capacité de rétention ce qui fait d'eux des substrats mal aérés : c'est le cas des tourbes et des écorces. Ces propriétés peuvent être corrigées par l'addition d'un autre substrat (Gras, 1983). Il serait donc judicieux d'utiliser ces substrats en mélange avec des substrats ayant une faible capacité de rétention tels que les sables grossiers, les graviers, la pouzzolane et la perlite. Ces substrats ont une capacité de rétention faible (20% à 48%), donc bien drainant, afin d'améliorer leur aération (respiration racinaire).

Du point de vue mécanique, les substrats denses résistent à la croissance racinaire (élongation, ramification) (Lemaire et Papin, 1989), c'est à dire que plus le substrat est dense plus l'enracinement est difficile. L'analyse des substrats montre que le substrat le plus léger est la perlite (0,071 g/cm<sup>3</sup>) et le substrat le plus dense est le gravier (1,439 g/cm<sup>3</sup>). Le gravier pourrait présenter une résistance à la croissance des racines lors du bouturage par exemple.

L'optimum des pH pour une bonne activité physiologique se situe entre 5,5 et 6,5. Sur le plan chimique, ces pH évitent



toute précipitation d'éléments minéraux mettant ainsi le végétal dans de bonnes conditions nutritives (Brun et Montarone, 1987). Les substrats répondant à ces normes sont : l'écorce des résineux (pH 6,4), les tiges de Casuarina (pH 6,4) et le sable de rivière d'El-kala (pH 6). Toutefois, la valeur optimale du pH dépend des espèces végétales. De manière générale, en bouturage, les substrats ayant un pH voisin de 6 seront retenus (Cazet *et al.*, 1993). Dans ce sens le sable de rivière d'El-kala est le plus recommandé d'autant plus que c'est un substrat de salinité très basse (0,1 mmho/cm) et d'une CEC nulle. Les caractéristiques physiques et chimiques des substrats minéraux (traités ou non) leurs permettent d'être utilisés en bouturage tels que la pouzzolane, l'argile expansée et la perlite.

Un rapport C/N faible ou moyen peut donner lieu à un tassement ainsi qu'une variation de la porosité liée aux pertes de matière sèche et au colmatage des pores (Lemaire *et al.*, 1989). La biodégradation des substrats organiques a pour conséquence d'accentuer la salinité et d'augmenter la capacité de rétention les rendant ainsi salins et asphyxiants (Brun, 1993). Ce sont les déchets du liège non composés qui présentent le rapport C/N le plus élevé avec 275, ce qui le rend difficilement biodégradable. Leur porosité (92,5%) et leur salinité (0,3 mmho/cm) font d'eux un substrat convenable au semis (après élimination des composés phénoliques), pouvant être utilisé pour améliorer l'aération d'un mélange (calibré  $2\text{ mm} < d < 4\text{ mm}$ ).

## CONCLUSION

La nutrition des plants forestiers est limitée par la fertilité du substrat lors du rempotage. C'est pourquoi il est recommandé d'utiliser en mélange des substrats organiques pour un éventuel apport d'éléments nutritifs (Lemhemedi, 2000). Les déchets du liège ainsi que les écorces, qui sont des substrats actifs, légers et à faible capacité de rétention pour les gros calibres, peuvent être utilisés dans les mélanges afin d'aérer le substrat final et d'apporter un supplément d'éléments minéraux qui conviendrait pour des semis. Ces substrats, en mélange, conviendraient aussi pour les phases d'endurcissement après la multiplication végétative ou simplement pour l'élevage des plants forestiers en pépinière.

Les sables, les graviers la pouzzolane, l'argile expansée et la perlite sont des substrats inertes. Ces matériaux à faible granulométrie ( $< 2\text{ mm}$ ) deviennent en général asphyxiant car la capacité de rétention augmente. Le sable grossier (1 à 3 mm) est peu utilisé, car il est trop drainant, mais il donne de bons résultats au bouturage (Vidalie, 1971). Pour éviter que les substrats soient excessivement drainant, Il est conseillé d'utiliser ces substrats avec une granulométrie  $2\text{ mm} < d < 4\text{ mm}$  en bouturage.

Afin de déterminer les meilleurs mélanges, scientifiquement fiables et économiquement intéressants, une caractérisation exhaustive physique et chimique des substrats disponibles en Algérie s'impose.

## REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier spécialement l'équipe INRF d'El-Kala : Mr. M DINE, Mr. A ABDIOUENE et Mr. M REZIK pour leur aimable assistance lors de la mission de prélèvements de substrats. Nous tenons aussi à remercier Mr. A Chouial (INRF Jijel) Pour nous avoir fourni les déchets cellulo-ligneux de liège. Enfin nous remercions les responsables de l'ITAF pour nous avoir fourni la perlite.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANSTETT A., 1979 - Les substrats en Horticulture, plus spécialement dans la multiplication et la culture du Chrysanthème. PHM Revue Horticole, n° 197, p : 47-60.
- BRUN R., MONTARONE M., 1987 - PH du milieu et réaction de la plante. in Les cultures hors- sol de BLANC, D. INRA - Paris, 480 p.
- BRUN R., 1993 - Pour choisir un substrat de culture hors-sol : connaître ces caractéristiques. PHM Revue Horticole, n° 334, 25-35.
- CAZET M., Dufour J., Verger M., 1993 - Multiplication du merisier par bouturage herbacé. PHM Revue Horticole, n° 339, 9-13.
- GRAS R., 1982.a. - Quelques propriétés physiques des substrats horticoles. P.H. M. Revue Horticole, 230, 51-53.
- GRAS R., 1982.b - Quelques propriétés physiques des substrats horticoles. P.H. M. Revue Horticole, 232, 47-50.
- GRAS R., 1983 - Quelques propriétés physiques des substrats horticoles. P.H. M. Revue Horticole, 234, 11-13.
- HANDRECK K A., BLACK N D., 1984 - Growing media of ornamental plants and turf. New South Wales University press, Kensington, 400p.
- HENRARD G., 1968 - Installation et commande de la nébulisation appliquée au bouturage. Bulletin des recherches Agronomiques de Gembloux, Tome III, n° 1, 158-172.
- LEMAIRE F., DARTIGUES A., RIVIERE L M., CHARPENTIER S., 1989-Cultures en pots et en conteneurs. Co-edition INRA-PHM Revue Horticole, 184p.
- LEMAIRE F., PAPIN JL., 1989 - Influence des caractéristiques physiques du substrat sur les systèmes racinaires de plantes ornementales cultivées en conteneurs ou en pots. Agronomie, n° 9, 795-801.
- LEMAIRE F., 1993 - Emploi des matières organiques comme substrat dans les cultures hors sol. PHM Revue Horticole, n° 336, 10-15.
- LEMHAMED MS., 2000 - Problématique des pépinières forestières en Afrique du Nord et stratégies de développement. Cahiers d'étude et de recherches franco-phone/agriculture.(9) N° 5 pp : 369-380.

OUSADIT G., 1986 - Influence de l'ANA et du stress hydrique sur le bouturage. Mémoire d'ING, INA, EL-Harrach, 57p.

PAIEMENT I., 2011 - Effets des propriétés physico-chimiques du substrat sur la croissance et la physiologie des plants d'Épinette Blanche. Mémoire Maître es Science, université Laval - Québec, 115 p.

ROGER CS., KORENSKI D., 1997 - Plug and transplant production a crower's guide. Ed : publishing batavia, ilinoi. USA.

TREFOIS R., 1981 - Le bouturage sous brouillard. Revue fruit belge, n° 396, 259-279.

VIDALIE H., 1971 - Installation et utilisation du Mist-System pour le bouturage. P.H.M revue Horticole, n° 114, 11-16.