

# Effet de la fertilité des sols et de la fertilisation sur les jeunes plants de l'arganier après transplantation en milieu naturel

A. MIMOUNI<sup>1</sup>, A. WIFAYA<sup>1</sup>, F. MOKRINI<sup>1</sup>, N. AIT ABD<sup>1</sup>, F. ELAME<sup>1</sup> et Y. KARRA<sup>1</sup>

(Reçu le 06/03/2019; Accepté le 02/08/2019)

## Résumé

L'étude de l'effet de la fertilité des sols et de l'apport de fertilisants minéraux et organiques sur la réussite de la transplantation de l'arganier en milieu naturel a été conduite au terrain par l'équipe de l'INRA d'Agadir dans la région de Souss-Massa. Trois sites ont été choisis: Taksbit (Massa), Anzad (Ait Baha) et Tinzert (Taroudant). Pour la connaissance de l'état de la fertilité des sols des trois sites, des analyses de sol ont été effectuées pour chaque site. Globalement, les résultats ont montré que les sols étudiés ont un niveau de fertilité très limité. En effet, ils ont un taux de matière organique, une teneur en azote, en phosphore, en potassium assimilable, en oligo-éléments qui sont inférieurs aux valeurs normales. De même, les sols des différents sites ont un pH alcalin et en présence d'une végétation avec un système racinaire chétif, l'assimilation des éléments fertilisants devient plus difficile. Dans ce sens, deux essais dans les sites de Taksbit et de Tinzert ont été conduits sur l'effet des apports d'engrais organiques (fumier local) et minéraux. Ces essais, menés sur le terrain, ont montré que l'apport des engrais minéraux (N, P, K) et organiques améliore la transplantation des jeunes plants d'arganier en favorisant leur survie et leur croissance en hauteur et en diamètre. Dans le moyen terme, le fumier et le bio-compost améliorent la fertilité des sols.

**Mots Clés:** Arganier, fertilité des sols, transplantation, fertilisants organiques et minéraux.

## Effect of soil fertility and supply of mineral and organic fertilizers on the success of argan tree transplantation in its natural environment

### Abstract

The study on the effect of soil fertility and the supply of mineral and organic fertilizers on the success of argan seedlings transplantation in the natural environment was conducted by the INRA Agadir team in the Souss-Massa region. Three sites were chosen: Taksbit (Massa), Anzad (Ait Baha) and Tinzert (Taroudant). For the evaluation of soil fertility status of the three sites, soil analyzes were carried for each site. Overall, results showed that the sampled soils have very limited mineral fertility. Indeed, they have contents of organic matter, nitrogen, phosphorus, exchangeable potassium and trace elements that were below normal values. Similarly, soils of the different sites have an alkaline pH and in the presence of vegetation with an undeveloped root system, nutrient assimilation would become more difficult. In this sense, two trials in Taksbit and Tinzert sites were conducted on the effect of application of organic (local manure) and mineral fertilizers on argan seedlings transplantation. These field trials have shown that application of mineral (N, P, K) and organic fertilizers improved the transplantation of young argan plants by promoting their survival and growth in height and diameter. In the medium term, manure and biocompost improved soil fertility.

**Keywords:** Argan tree, soil fertility, transplants, organic and minerals fertilizers.

## INTRODUCTION

L'arganier constitue la principale ressource forestière à usage multiple de la région de Souss-Massa-Drâa (SMD). L'arganeraie couvre 63% de la superficie forestière de la région et 7% du couvert forestier national (Mhirit *et al.*, 2006). Il constitue la dernière ceinture verte au sud ouest du Maroc contre l'avancé du désert, constitue la source de revenu pour des milliers de familles rurales et contribue à la création d'emploi dans des zones rurales parmi les plus pauvres au Maroc. L'arganier dans le Souss-Massa-Drâa s'étend sur les quatre provinces de la Wilaya d'Agadir: Inezgane ait Melloul, Tiznit, Taroudant et Agadir Idaoutanane.

L'obtention de plants d'arganier performants et susceptibles d'être transplantés passe par le choix du matériel végétal, des substrats de culture et leurs conteneurs pour élever ces plants ainsi que par leur conduite technique (fertilisation, irrigation, taille...).

En ce qui concerne le choix des substrats, on doit d'abord mettre en exergue le fait qu'il n'y a pas de «substrat idéal»,

mais une adéquation entre le substrat et les exigences des plants par l'utilisation de substrats simple ou par la confection de mélanges dont les propriétés sont complémentaires. Au cours du développement des plants en pépinière, les propriétés chimiques d'un substrat peuvent être corrigées au cours de la culture par un apport de solution nutritive adéquate, contrairement aux propriétés physiques qui sont fixes et ne peuvent être corrigées en cours de culture. Elles sont déterminées lors de la confection des substrats et leurs mélanges. Par ailleurs, le milieu physique conditionne la facilité de développement du système racinaire et par la suite le développement de la plante. Donc, le choix des substrats ainsi que la confection des mélanges doivent être judicieux dès le départ.

Les propriétés physiques les plus importantes dans le choix d'un substrat sont la porosité totale, la teneur en air, la perméabilité, la capacité de rétention en eau et la disponibilité en eau. Pour les conteneurs, ils jouent un rôle important dans la production de plants en pépinière. En effet, les caractéristiques dimensionnelles du conteneur ont une conséquence sur la croissance des parties

<sup>1</sup> Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), UR-Production Intégrée des Cultures, Agadir, Maroc

aériennes et sur la qualité du système racinaire. Ainsi, le volume et la forme du conteneur influencent considérablement la croissance des jeunes plants et en particulier pour les espèces forestières (Kozłowski et Scoltes, 1948; Riedacker, 1974, 1978; Marien et Drouin, 1977).

L'irrigation et la fertilisation des plants sur substrats présentent des particularités avec le sol *in situ*. En effet, les besoins des plants en eau sont élevés et instantanés en rapportant à l'unité de masse de racine.

## MÉTHODOLOGIE

Trois sites ont été choisis selon des critères agro-climatiques (type de sol, altitude, situation géographique...). Il s'agit du:

- Site de Taksbit dans la plaine du Massa;
- Site Anzad d'Imimkhourne (Ait Baha) au piémont de l'Anti-Atlas;
- Site de Tinzert dans la région de Taroudant.

Pour évaluer l'état de fertilité des sols des 3 sites, des analyses de sols ont été effectuées.

Les analyses des sols pour chaque site ont été réalisées pour une superficie d'expérimentation de l'ordre de 2,5 ha avec un choix représentatif. L'échantillonnage a été réalisé selon le type de sol, la pente et la profondeur du sol. Le prélèvement des échantillons sur les différents horizons (s'ils existent).

Les analyses physico-chimiques des échantillons ont été effectuées au Laboratoire d'analyse des sols INRA-Settat. Les analyses physiques ont été effectuées au Laboratoire de l'INRA-Agadir.

Les paramètres analysés sont:

**Physico-chimique:** pH, EC, matière organique, calcaire total et actif, azote total, azote minéral ( $\text{NO}_3^-$ ), phosphore



Prélèvement des échantillons du sol

assimilable, potassium assimilable, calcium et magnésium assimilables, les oligo-éléments (fer, cuivre, manganèse et le zinc).

**Analyse granulométrique:** Sable fin et grossier, limon fin et grossier, argile.

**Analyses physiques:** Densité apparente, rétention en eau et disponibilité en eau.

Les résultats des analyses ont été interprétés pour chaque type de sol selon les normes marocaines et des recommandations pour la correction de la fertilité des sols et la fertilisation des plants de l'arganier a été réalisée.

Pour l'expérimentation de suivie de la fertilité des sols et de la croissance et du développement des jeunes plants d'arganier après les apports en engrais minéraux et organiques, deux sites ont été concernés: Taksbit et Tinzert.

Le matériel végétal utilisé pour ces essais a consisté en de jeunes plants d'arganier issus de semis avec un âge variant de 1 à 4 an.

Le dispositif expérimental adopté pour chaque site est un bloc aléatoire complet avec 4 traitements:

- **T0:** Témoin sans apports;
- **T1:** Apport de 1,5 kg de fumier par arbre;
- **T2:** Apport de 1,5 kg de composte par arbre;
- **T3:** Apport d'environ 0,15 kg d'un engrais composé NPK.

Les parcelles élémentaires sont constituées de lignes de 20 arbres et chaque traitement est répété deux fois soit 40 arbres par traitement.

Les observations ont porté sur 15 arbres par ligne, soit 20 plants par traitement. Les observations ont concerné:

- La richesse initiale des sols en éléments fertilisants et sa teneur en matière organique;
- La dynamique de la fertilité des sols au cours des 12 mois suivants;
- Le comportement des plants: Réussite des transplantations, croissance et développement.

## RÉSULTATS

### État de fertilité des sols des 3 sites

D'une manière générale, les sols des trois sites d'étude ont une fertilité moyennement pauvre. En effet, pour tous les sites, le pH (eau) des échantillons analysés est alcalin (Figure 1a). Ce pH peut bloquer l'absorption du phosphore, du Bore, du Cuivre, du Fer, du Manganèse et du Zinc.

En ce qui concerne le taux de matière organique, la quasi-totalité des échantillons ont une teneur en matière organique faible ( $< 1,5\%$ ) (Figure 1b). Les échantillons des sites Anzad et Taksbite ont une teneur moyenne. Cependant, un redressement du sol est nécessaire pour le moyen terme. Ce redressement peut être réparti sur trois à quatre années. De même, pour l'appréciation des risques de salinité des sols (CE), elle dépend étroitement de la teneur en matière organique. Les échantillons analysés ont une teneur en matière organique inférieure à 1,5 et une conductivité électrique inférieure à 0,7 donc il n'y a peu de risque de salinité des sols.

Les taux de calcaire actif et calcaire total ont été analysés et nous renseignent sur le taux de calcaire qui peut bloquer l'absorption des éléments fertilisants. En effet, les échantillons analysés ont une teneur en calcaire actif faible (<7%), exception faite de l'échantillon Anzad entrée site. Pour ce dernier, il est nécessaire de suivre son évolution dans le temps afin d'éviter par la suite les problèmes de blocage causés par cet élément.

Pour la majorité des principaux éléments fertilisants, les teneurs trouvées dans les échantillons analysés sont inférieures aux normes et insuffisantes pour alimenter les jeunes plants d'arganier. En effet, pour l'azote total, les échantillons ont une teneur en azote total faible (Figure 1c). Des apports en fumier ou en engrais azotés sont nécessaires pour redresser le sol et pour satisfaire les besoins des plants d'arganier. En ce qui concerne l'azote nitrique, à l'exception de quelques échantillons de Tinzert, les échantillons ont une teneur en azote minérale (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) faible (<45 ppm) (Figure 1d). Cette teneur en azote nitrique renseigne sur la fourniture instantanée du sol en azote (dépend de la culture précédente et de la fertilisation pratiquée), mais ne donne pas une idée précise sur le potentiel du sol en azote. Elle renseigne aussi sur les risques de lessivage des

nitrate dans le sol. Donc, il est important de prendre en considération cette quantité d'azote présente dans le sol pour la fertilisation des plants.

Pour le potassium assimilable, tous les échantillons ont une teneur en potassium assimilable faible (< 350 ‰) (Figure 1e). En effet, un surplus en potasse sera apporté pour redresser la fertilité du sol en cet élément (à répartir en 2 ou 3 années pour arriver jusqu'à 350 ‰ en potassium). Pour les apports potassiques, ils seront apportés selon les besoins des jeunes plants d'arganier.

Pour le phosphore assimilable, les échantillons analysés ont un pH alcalin donc l'absorption du phosphore posera des problèmes d'ordre pratique. La teneur trouvée dans l'échantillon est très faible. Les apports phosphoriques seront donc apportés. Cependant, des problèmes d'absorption peuvent apparaître si l'irrigation n'est pas maîtrisée (Figure 1f).

Les échantillons analysés ont des teneurs en oligo-éléments faibles (Figure 2), donc des apports de fumier sont nécessaires pour corriger la fertilité des sols et satisfaire les besoins des plants de l'arganier. D'abord pour redresser le sol puis pour satisfaire les besoins des jeunes plants

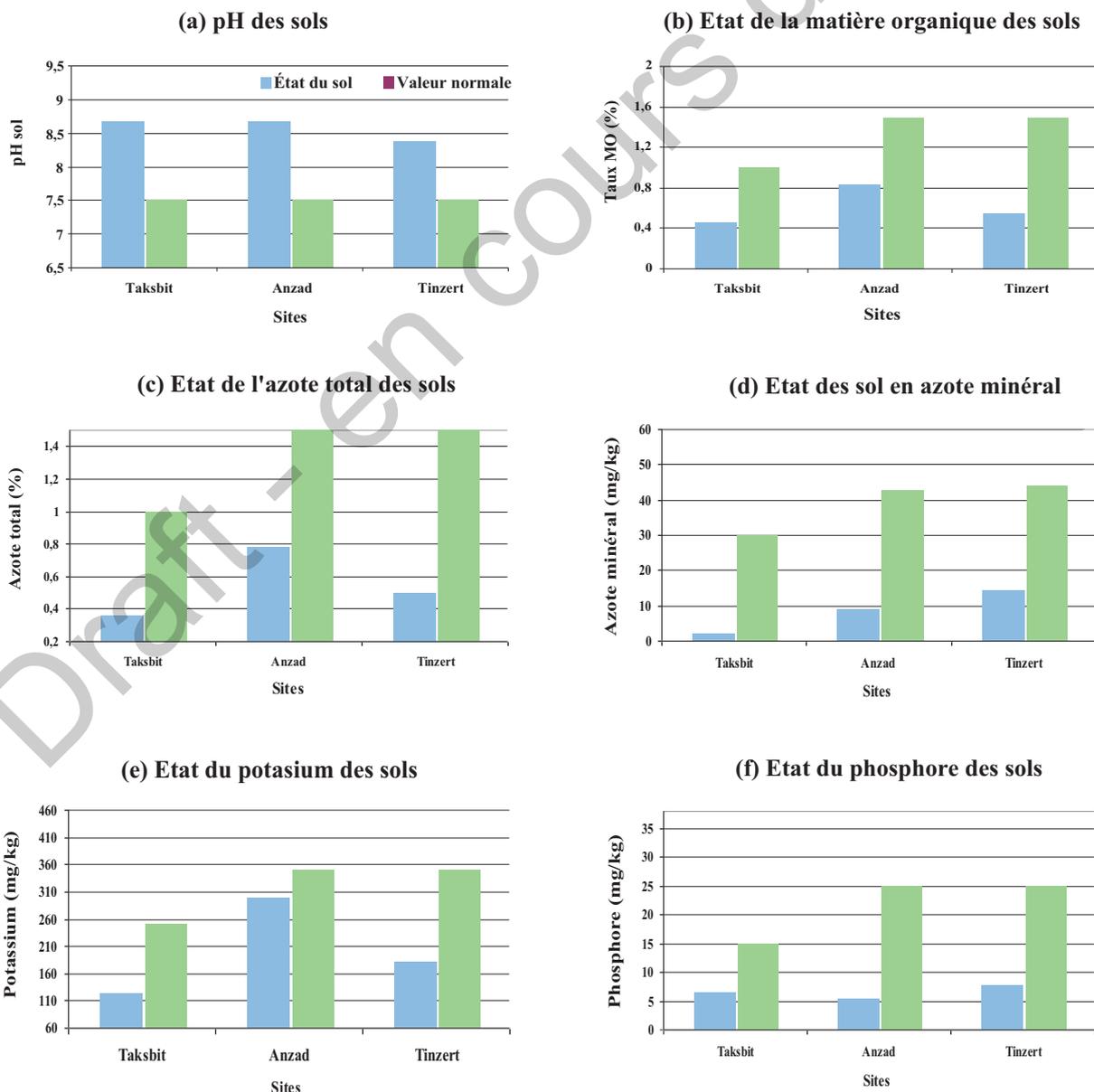


Figure 1: pH et teneurs du sol en matière organique, azote, phosphore et potassium

d'arganier, particulièrement en période froide. En ce qui concerne le calcium et le magnésium, les échantillons analysés ont des teneurs élevées.

La texture des échantillons a été appréciée par leur granulométrie. En effet, les échantillons issus du Site Taksbit ont une granulométrie grossière avec une dominance du sable, en particulier fin. Il est nécessaire dans ce site de répartir et de fractionner les apports en éléments fertilisants en particulier les engrais azotés. Il est aussi nécessaire de fractionner et de minimiser les doses d'apport d'eau. Par ailleurs, les échantillons issus du Site Anzad ont une granulométrie équilibrée avec une légère dominance du sable fin. Il est préférable dans ce site de répartir et de fractionner les apports en éléments fertilisants, en particulier les engrais azotés. Pour le site Tinzert, les échantillons analysés ont une granulométrie équilibrée avec une fraction minimale de limon grossier. Il est aussi préférable dans ce site de répartir et de fractionner les apports en éléments fertilisants, en particulier les engrais azotés.

Il faut aussi mentionner qu'en plus de la fertilité limitée des sols pour tous les sites étudiés, les jeunes plants d'arganier transplantés ont un enracinement peu développé (assimilation difficile). Des apports en éléments fertilisants et en matière organique sont nécessaires pour une croissance et un développement optimal des jeunes plants d'arganier.

### Effet des apports d'engrais sur le comportement des jeunes plants sur le terrain

#### Effet sur le taux de reprise des jeunes plants d'arganier

Le taux de reprise des jeunes plants d'arganier diffère d'un site à un autre (Figure 3). En effet, pour le site Taksbit la reprise des jeunes plants est meilleure à celle enregistrée sur le site de Tinzert. Ceci est dû essentiellement à l'état initial des plants ainsi qu'aux fréquences des irrigations. Toutefois, l'apport des engrais minéraux et organique n'a pas montré d'effet sur le taux de reprise des jeunes plants d'arganier (Figure 3). En effet, au stade de transplantation, c'est l'eau qui est un facteur limitant vu que la motte de transplantation contient déjà suffisamment d'éléments fertilisants pour la reprise initiale.

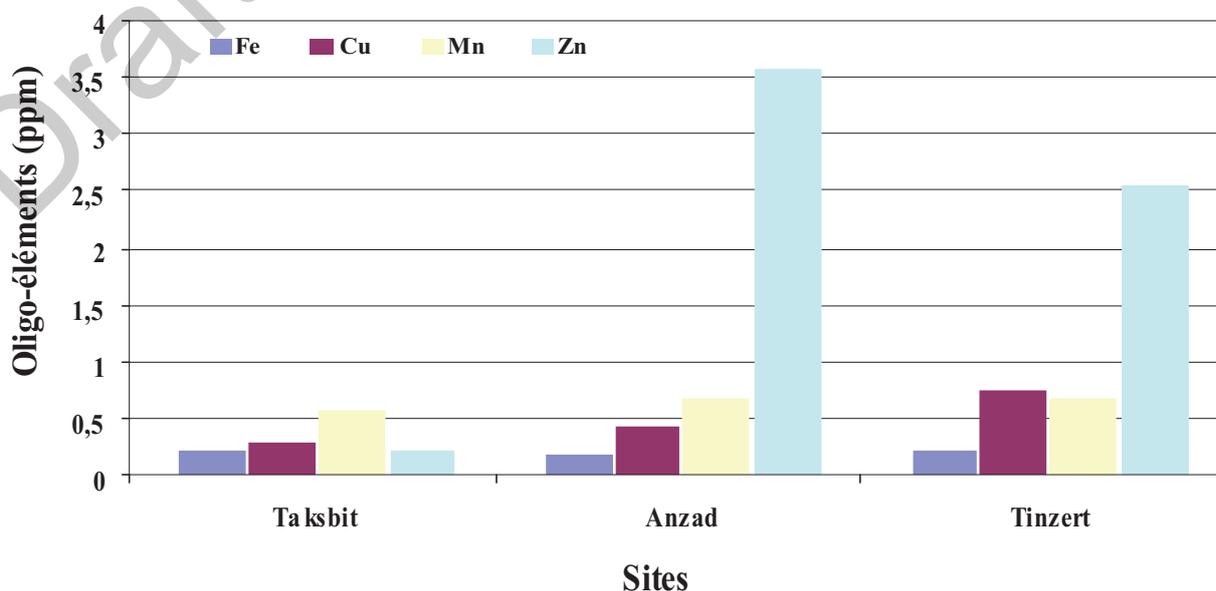


Figure 2: Teneurs du sol en oligo-éléments



État végétatif d'un plant d'arganier à la transplantation

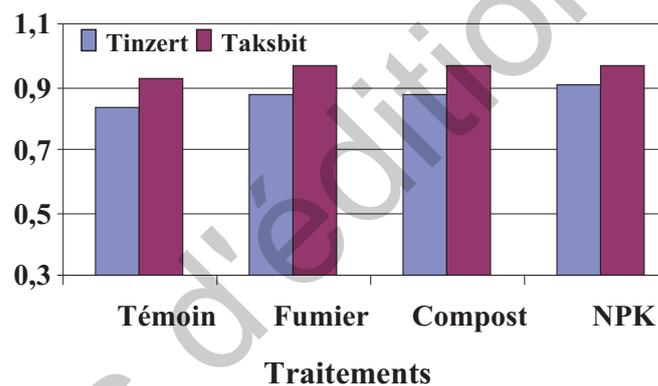


Figure 3: Effet des traitements sur le taux de reprise des jeunes plants d'arganier

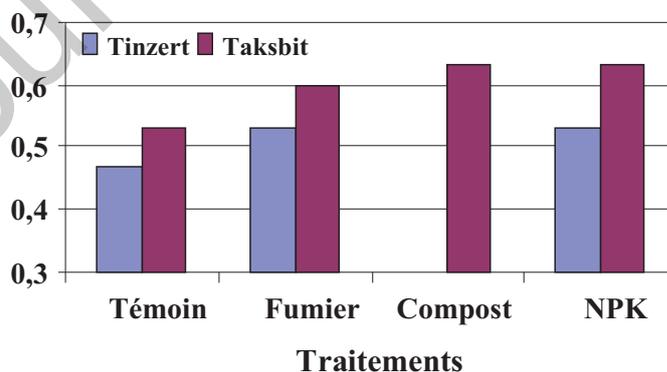


Figure 4: Effet des traitements sur le taux de survie des jeunes plants d'arganier

**Effet sur le taux de survie des jeunes plants d'arganier**

Le taux de survie des jeunes plants d'arganier diffère d'un site à un autre (Figure 4). En effet, pour le site de Taksbit la survie des jeunes plants est meilleure à celle enregistrée sur le site de Tinzert. Ceci est dû à plusieurs facteurs entre autres les conditions climatiques, les ravageurs, les fréquences et les doses d'irrigation. L'apport des engrais minéraux et organique a pas montré un effet positif sur le taux de survie des jeunes plants d'arganier (Figure 4). En effet, le compost, les engrais composés NPK et dans une moindre mesure le fumier ont un engendré un taux de survie meilleur que celui du témoin.



Deux plant d'arganier après transplantation l'un réussit et survit et l'autre non

**Effet des apports d'engrais sur la croissance des jeunes plants d'arganier**

D'une manière générale, l'apport d'éléments fertilisants sous différentes formes améliore la croissance des jeunes plants d'arganier (Figure 5). En effet, dans le site de Tinzert l'apport du fumier améliore la croissance des plants d'arganier par rapports au témoin mais sans différence significative. Cependant, le biocompost et l'apport de l'engrais composé améliorent la croissance avec une différence significative par rapport au témoin avec un gain enregistré avoisinant 8 cm (soit un gain de deux fois). Pour le site de Taksbite, tous les apports améliorent la croissance avec une différence significative. Le biocompost ainsi que l'engrais NPK améliorent la croissance d'une manière plus efficace par rapport au fumier. Ceci peut être expliqué par des éléments fertilisants plus disponibles grâce à la grande solubilité des éléments fertilisants des engrais et le biocompost.



Mesure de la hauteur du plant d'arganier

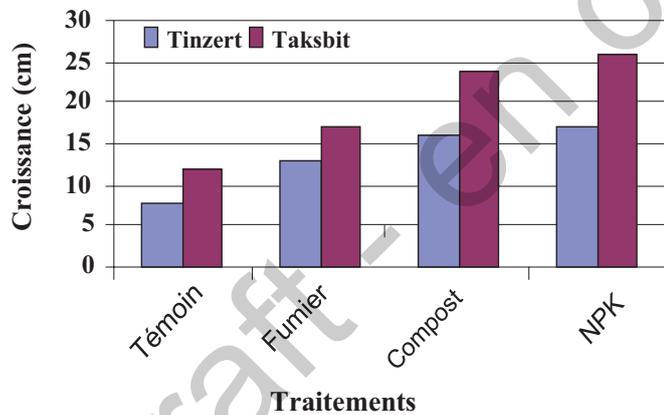


Figure 5: Effet des apports d'engrais sur la croissance des jeunes plants d'arganier

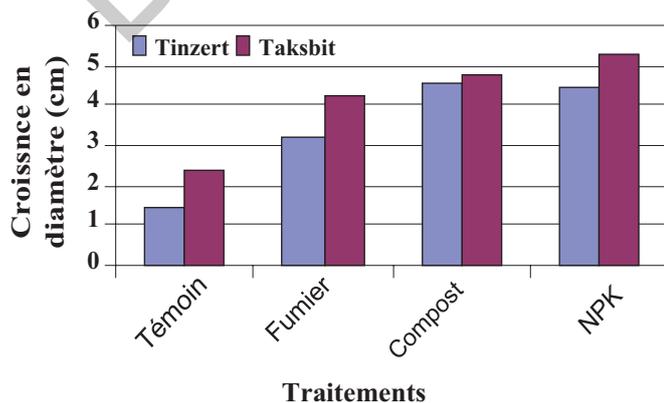


Figure 6: Effet des apports d'engrais sur le diamètre du tronc des jeunes plants d'arganier

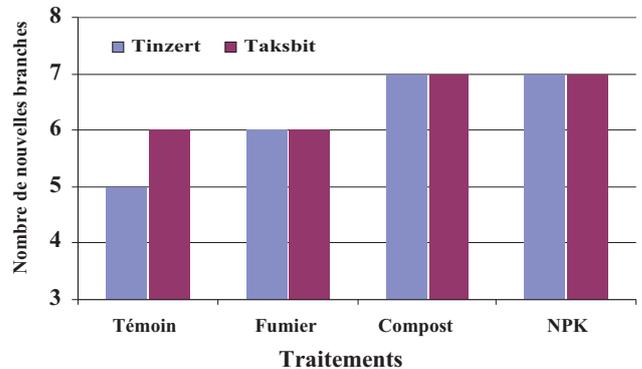


Figure 7: Effet des apports d'engrais sur l'apparition de nouvelles branches des jeunes plants d'arganier

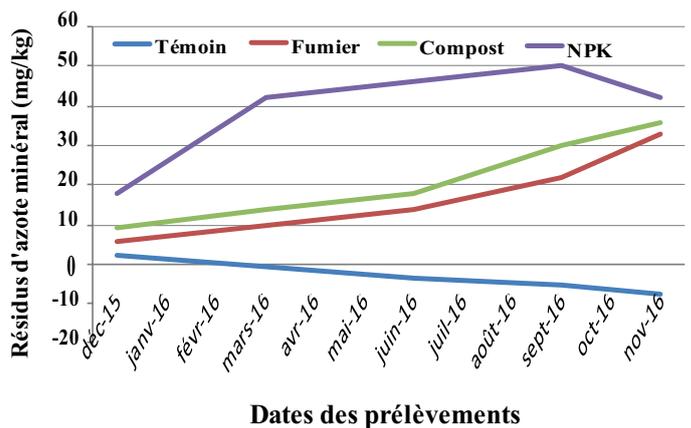


Figure 8: Effet des traitements sur la dynamique de l'azote minéral des sols (Tinzert)

Le comportement des jeunes plants diffère d'un site à autre avec une meilleure croissance pour le site de Taksbit par rapport à celui de Tinzert. Ceci peut être expliqué d'une part par la texture des sols qui est sablonneuse pour le site de Taksbit ce qui favorise la disponibilité des éléments fertilisants du essentiellement à la solubilité des engrais minéraux ainsi qu'à la minéralisation élevée pour le biocompost et le fumier. D'autre part, dans le site de Taksbit, la gestion de l'irrigation était plus régulière par rapport au site de Tinzert, ce qui permet une bonne assimilation des éléments fertilisants.

#### Effet des apports d'engrais organique et minéral sur le diamètre des jeunes plants d'arganier

L'apport d'éléments fertilisants améliore relativement la croissance en diamètre des jeunes plants d'arganier. En effet, pour les deux sites le diamètre a réagi positivement minéraux (Figure 6). Les différents apports en engrais n'ont pas montré de différence significative entre eux. Ceci est peut-être dû à la richesse initiale des sols en calcium qui agit essentiellement sur le diamètre des troncs des jeunes arbres.

#### Effets des apports sur l'apparition de nouveaux rameaux

Aucune différence significative n'a été montrée sur l'apparition de nouvelles branches sous l'effet des différents apports. En effet, malgré la légère supériorité des apports sous forme de biocompost et d'engrais composés NPK, le nombre de branche nouvellement formés est le même pour les différents traitements, ceci peut être expliqué par la faible diversité génétique des plants (Figure 7).

#### Effet des apports d'engrais sur la fertilité du sol et la disponibilité des éléments fertilisants au cours des douze mois qui suivent la transplantation

##### Effet sur la dynamique de l'azote des sols

D'une manière générale, l'application des différents apports en engrais minéraux et organiques pour les deux sites améliore la fertilité des sols en azote minéral. Pour le site de Tinzert, une différence significative entre les différents traitements a été observée (Figure 8). En effet, pour le traitement NPK, le sol a été enrichi plus ou moins rapidement par l'azote minéral qui passe de 18 mg/kg au mois de décembre 2015 à 50 mg/kg au mois de septembre 2016. Ceci s'explique d'une part par la richesse initiale du sol et par le jeune âge des plants qui n'ont besoins que de peu d'azote minéral pour leur croissance et leur développement. Après le mois de septembre 2016, un épuisement du sol en azote minéral commence à être enregistré, du essentiellement à l'absorption de l'azote par les plants et au lessivage limité. Par ailleurs, avec les apports en biocompost et en fumier, l'allure de la dynamique de l'azote minéral est différente à celle de l'engrais NPK (Figure 8). En effet, pour ces deux apports la libération de l'azote est lente et croissante dans le temps sans déclin jusqu'au mois de novembre 2016.

Le biocompost libère plus d'azote dans le sol que le fumier vu qu'il est bien décomposé et sa minéralisation est plus rapide. Dans le site de Taksbit, le comportement des différents apports est différent de celui du site de Tinzert (Figure 8). En effet, dans le site de Taksbit, l'engrais NPK a enrichi le sol rapidement par une grande quantité d'azote minéral (42 mg/kg) seulement en quatre mois (Figure 8). A partir du mois de mars 2016, une chute brusque de la

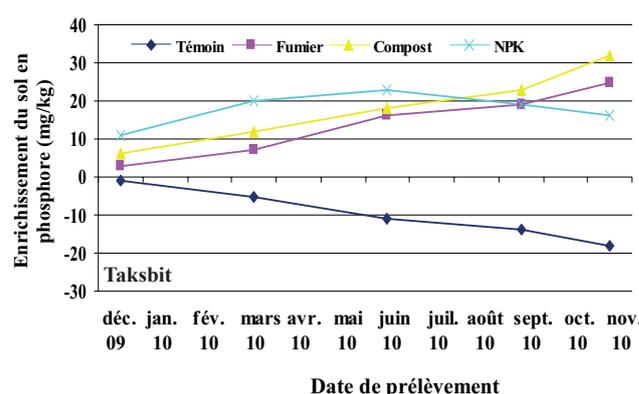
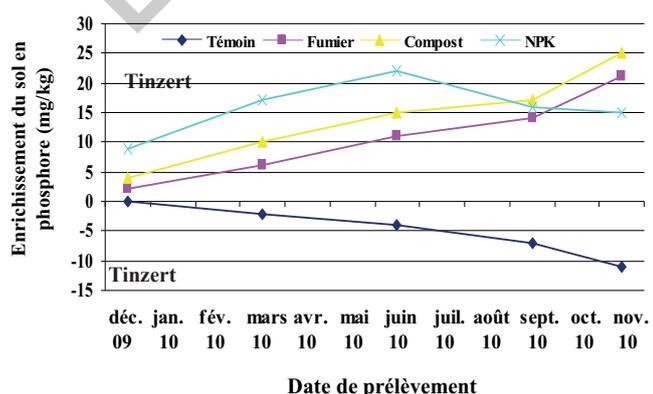
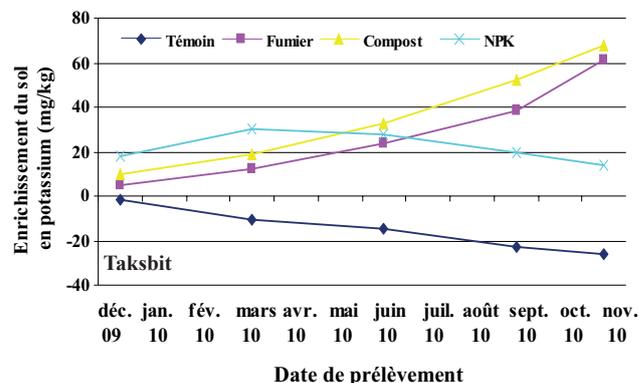
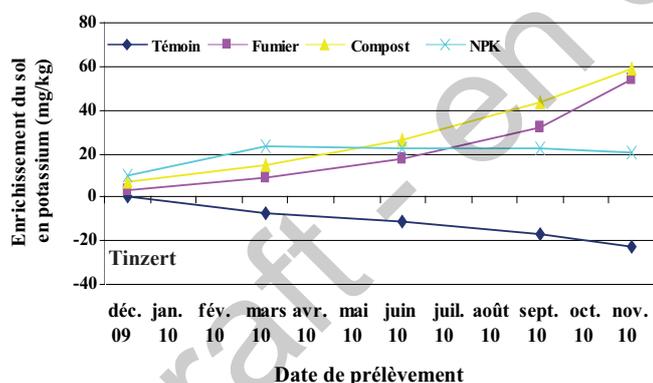


Figure 9: Effet des traitements sur la dynamique du potassium et du phosphore des sols

teneur d'azote minéral du sol a été observée. Cette chute a été enregistrée au cours du temps pour arriver à une teneur inférieure à celle enregistrée initialement. En ce qui concerne le biocompost, il a aussi enrichi le sol plus ou moins rapidement en azote minéral par rapport à l'engrais NPK avec un maximum enregistré au mois de septembre 2016 (30 mg/kg). Après cette date, une chute a été aussi observée mais avec une pente moins marquée que celle enregistrée pour l'engrais NPK. Avec le fumier, le sol s'enrichit lentement en azote minéral sans enregistrer de chute en passant de 20 mg/kg un mois après plantation à 60 mg/kg le mois de novembre 2016.

La différence dans la dynamique d'azote notée entre les deux sites peut être expliquée par le type de sol et la gestion des fréquences des irrigations sur le terrain. En effet, le site de Taksbit est caractérisé par une texture sableuse avec un taux de minéralisation et un lessivage élevés, contrairement au site de Tinzert caractérisé par une texture équilibrée. Outre cette dernière explication, les apports d'eau pour le site de Taksbit étaient plus réguliers et leur dose d'apport sont presque identiques à celles du site Tinzert, ce qui peut aussi justifier l'épuisement rapide du sol en azote.

#### Effet sur la dynamique du potassium et du phosphore

D'une manière générale et pour les deux sites, il y a un épuisement du sol en potassium et en phosphore dans le témoin (Figure 9). Cependant, il y a un enrichissement du sol en ces deux éléments pour le reste des traitements. Entre ces derniers, la différence est significative vis-à-vis de la dynamique de ces deux éléments dans le sol. En effet, l'engrais NPK enrichit le sol rapidement avec un épuisement des sols au cours du temps. Par ailleurs, pour le biocompost et le fumier le sol s'enrichit au fur et à mesure de la décomposition (minéralisation) de ces derniers. Le biocompost a enregistré pour les deux éléments un taux de minéralisation plus ou moins élevé que celui du fumier. De même, il faut noter aussi que la dynamique du phosphore est plus lente que celle enregistrée pour le potassium qui est due à la faible mobilité du phosphore dans le sol.

#### Dynamique de la matière organique

D'une manière générale, l'apport d'éléments fertilisants sous différentes formes influence le taux de matière organique des sols soit positivement ou négativement (Figure 10). En effet, le taux de matière organique est amélioré par les apports du biocompost et du fumier. Cependant, un épuisement remarquable du taux de matière organique des sols a été enregistré pour le témoin et les engrais NPK. La matière organique des sols a été influencée par les différents sites avec un épuisement plus marqué pour le site de Taksbit. Ceci peut être expliqué d'une part par la texture des sols qui est sablonneuse pour le site de Taksbit, ce qui favorise la minéralisation de la matière organique par rapport au site de Tinzert qui a une texture plus équilibrée. Cette minéralisation a été aussi favorisée par une humidité du sol plus régulière pour le site de Taksbit par rapport au site de Tinzert.

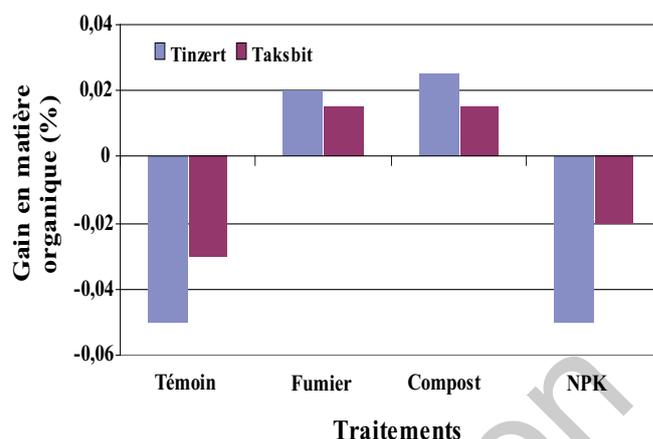


Figure 10: Effet des apports sur la matière organique du sol

## CONCLUSION

L'arganier est une espèce-relique qui serait répandue au Maroc durant l'ère tertiaire alors que le climat était chaud et tempéré (sol riche, eau disponible). Cet arbre a besoin d'une alimentation minérale adéquate pour sa croissance et son développement (Ca, N, P, K, Mg et oligo-éléments).

Les sols des différents sites étudiés ont une fertilité des sols limitée. Ces sites ont un taux de matière organique, une teneur en azote, en phosphore, en potassium assimilable, en oligo-éléments qui sont inférieurs aux valeurs normales. De même, les sols des différents sites ont un pH alcalin ce qui défavorise l'assimilation des éléments fertilisants. Aussi, il est à noter que la majorité des jeunes plants d'arganier transplantés ont un enracinement peu développé, ce qui rend l'assimilation des éléments fertilisants plus difficile.

De ceci, la transplantation de jeunes plants d'arganier dans ces sites exige des apports en engrais organiques ou minéraux pour leur croissance et leur développement optimum.

D'une manière générale, l'apport des engrais minéraux et organiques améliore la transplantation des jeunes plants d'arganier. Dans le moyen terme, le fumier et le biocompost améliorent également la fertilité des sols.

Pour réussir une transplantation des jeunes plants de l'arganier en milieu naturel, il est nécessaire de prendre en considération les points suivants:

- Analyse de la fertilité initiale des sols,
- Apport de la matière organique (fumier, compost...) pour corriger la fertilité des sols, apporter les éléments fertilisants, en particulier l'azote et les oligo-éléments et aussi améliorer la rétention en eau des sols,
- La transplantation de jeunes plants ayant un âge au moins de 6 mois vu que les sols sont dans la majorité des cas pauvres en matière organique et en éléments fertilisants,
- Apport de l'eau suffisante en tenant compte des caractéristiques des sols (doses et fréquences) pour une bonne assimilation des éléments fertilisants,
- Suivre la fertilité des sols pendant au moins deux ans.

## RÉFÉRENCES

Marien J.N. et Drouin G. (1977). Études sur les conteneurs à parois rigides (leur action sur les végétaux). Rapport Annuel AFOCEL 137-161.

Mhirit O. et Benchekroun F. (2006). Les écosystèmes forestiers et périforestiers: situation, enjeux et perspectives pour 2025. Contribution au Rapport sur le Développement Humain (RDH50) Maroc, GT8-7, 397-483. <http://www.ires.ma/wp-content/uploads/2017/02/GT8-7.pdf>

Riedacker A. (1974). Un nouvel outil pour l'étude des racines et de la rhizosphère; le minirhizotron. *Ann. Sci. For.*, 31: 129-134.

Riedacker A. (1978). Étude de la déviation des racines horizontales ou obliques issues de boutures de peuplier qui rencontrent un obstacle; application pour la conception de conteneur. *Ann. Sci. for.*, 35: 1-18.

Theodore T. Kozlowski and Wayne H. Scholtes (1948). Growth of roots and root hairs of pine and hardwood seedlings in the Piedmont. *Journal of Forestry*, 46: 750-754.

Draft - en cours d'édition