

CROISSANCE EN HAUTEUR DOMINANTE ET CLASSES DE FERILITE DU PIN D'ALEP (*PINUS HALEPENSIS* MILL.) DANS LE MASSIF DE OULED-YAKOUB ET DES BENI- OUDJANA (KHENCHELA –AURES)

Reçu le 27/11/2004 Accepté le 03/06/2005

Résumé

La croissance en hauteur du pin d'Alep des massifs de Ouled-Yakoub et des Béni-Oudjana a été établie à partir de fois 25 analyses tiges d'arbres abattus et 205 couples hauteur-dominante - âge mesurés sur des placettes temporaires représentant les différents milieux de croissance. L'application du modèle de Chapman-Richards sous la forme $H_{dom} = k_1[1 - \exp(-k_2 \times \text{âge})]^{k_3}$ a permis d'étager la pinède en 4 classes de croissance à l'âge de référence de 70 ans. La majeure partie de peuplements échantillonnés appartient aux classes 2 et 3 dont l'indice de station varie de 13 à 16 m à l'âge de 70 ans. La comparaison des résultats obtenus avec ceux établis sur la même espèce dans des stations différentes, montre que l'allure de la croissance en hauteur du pin d'Alep dépend beaucoup plus des conditions du milieu que du modèle d'ajustement utilisé.

Mots clés : *Pinus halepensis*, indice de fertilité, modèle de croissance, hauteur dominante.

Abstract

The height growth of Aleppo pine of the massifs of Ouled -Yakoub and Béni - Oudjana has been established by the mixed method using at the same time 25 stems analyses of hewn down trees and 205 dominant-height-ages couples measured on temporary plots representing the different media of growth. The application of the Chapman -Richards model in the form: $H_{dom} = k_1[1 - \exp(-k_2 \times \text{âge})]^{k_3}$ has allowed to arrange the pine forest into 4 classes of growth at the reference age of 70 years. Most of the stands sampled belong to the classes 2 and 3 the site index of which vary from 13 to 16 m at the age of seventy. The comparison of these results with those established on the same kind in different sites, shows that the trend of growth in height of Aleppino pine depends much more on the conditions of the medium than on the model of adjusting used.

Keys Words: *Aleppo pine*, fertility index, model of growth, dominant height

A. BENTOUATI (1)

B. OUDJEHIL (1)

D. ALATOU (2)

(1) Département d'Agronomie
Université de Batna
Algérie.

(2) Département de Biologie
Université de Constantine.
Algérie.

ملخص

النمو للطول السائد للصنوبر الحلبي بجبال « أولاد يعقوب وبني وجانة » قد تمت بطريقة مزدوجة أستعمل فيها في نفس الوقت إختيار 25 عينة (شجرة) تم قطعها وكذلك قياس طول وعمر 205 بقعة إنتاج وقتية ممثلة لكل مستويات الخصوبة.

تطبيق نموذج CHAPMAN- RICHARDS $H_{dom} = k_1[1 - \exp(-k_2 \times \text{âge})]^{k_3}$ قد سمح بتقسيم غابة الصنوبر المدروسة إلى 4 مستويات مع أخذ العمر المرجعي 70 سنة.

أغلبية البقع تنتمي إلى مستويات الخصوبة 2 و3 ممثلة في طول سائد يتراوح بين 13 و16 متر عند عمر 70 سنة. مقارنة بالنتائج المتحصل عليها في مناطق أخرى تبين أن الطول السائد متعلق كثيرا بالظروف الوسطية مقارنة بالطريقة النموذجية المستعملة للموازنة. **الكلمات المفتاحية:** الصنوبر الحلبي، خصوبة، نموذج النمو، الطول السائد.

Le pin d'Alep est une essence rustique, très présente dans la plupart des variantes bioclimatiques méditerranéennes [1, 2, 3]. La sylviculture et l'aménagement de cette espèce sont assez étudiés dans les pays du pourtour méditerranéen [4, 5, 6, 7, 8, 9]. En Algérie, Le pin d'Alep couvre 850.000 ha (35 % de la surface du Nord boisée). Mis à part les tables de production établies par Frantz et Forester [10] pour la pinède des Aurès, les travaux sur la productivité et la croissance de cette espèce sont quasiment inexistantes.

Cette étude a pour but de déterminer en premier lieu la dynamique de la croissance en hauteur du pin d'Alep des massifs de Ouled Yakoub et des Béni-Oudjana qui s'étendent sur une superficie de 40,000 ha, répartis en plusieurs séries.

L'intérêt de l'utilisation de la hauteur dominante (hauteur moyenne des 100 plus gros arbres à l'hectare) dans l'appréciation de la productivité et la caractérisation des classes de croissances des peuplements forestiers a été confirmée par de nombreuses études [11, 12, 13, 14, 15].

Il a été établi que ce paramètre est peu influencé par les traitements sylvicoles appliqués et possède une excellente relation avec la production totale en volume [16, 17]. Par ailleurs, la relation âge-hauteur dominante traduit l'effet des facteurs stationnels sur la croissance des peuplements. De ce fait, elle permet de classer les peuplements en fonction de leurs potentialités et de leur fertilité propre, et donne indirectement la production totale par la fixation des niveaux de productivité [18]. La relation âge-hauteur est largement utilisée dans la construction des tables de production [11, 19]. Elle s'exprime souvent sous forme d'un faisceau de courbes de fertilité propres à une espèce poussant dans une région donnée et définit la hauteur atteinte par un peuplement à un âge de référence (indice de fertilité ou de station). C'est aussi un élément fondamental dans la prévision de l'accroissement des peuplements homogènes [19].

METHODE DE RECOLTE DE DONNEES

Pour reconstituer la hauteur dominante des peuplements étudiés, une méthode mixte a été utilisée. Elle prend en compte à la fois les analyses de tiges et les relevés de couples âge-hauteur dominante des placettes retenues. 25 arbres dominants représentant les différentes conditions de fertilité ont été abattus à 0,30 cm du sol et leur hauteur mesurée. Chaque tige est ensuite débitée en billons de 1m et le nombre de cernes est compté sur des rondelles prélevées à l'extrémité supérieure de chaque découpe. L'âge actuel d'un arbre est estimé en ajoutant au nombre de cernes comptés à 0,30 m du sol, 5 années. Ce chiffre correspond en moyenne au nombre d'années nécessaires à un arbre pour atteindre une hauteur de 0,30 m [4]. L'âge à un niveau donné de la tige correspond à la différence entre l'âge actuel et le nombre de cernes dénombrés à ce niveau [11, 20].

Les données de l'analyse de tiges sont complétées par la mesure de l'âge et de la hauteur dominante de 205 placettes temporaires de 10 ares chacune. Ces placettes sont d'une densité normale, sans trouées et relativement équiennes. Elles sont choisies de manière à couvrir les divers milieux écologiques présents et la gamme de variabilité des peuplements sur le plan structure et âge. Leur hauteur dominante varie de 8 à 24 m et leur âge va de 26 à 124 ans.

Les données expérimentales sont ajustées par voie mathématique à partir du modèle de croissance de Chapman-Richards de forme [5]

$$H_{dom} = k_1 \left[1 - e^{(-k_2 \times \text{âge})} \right]^{k_3}$$

Avec : Hdom = hauteur dominante (m).
 k₁ = Hauteur atteinte par l'arbre à un âge donné.
 k₂ et k₃ = Coefficients d'ajustement des courbes

Ce modèle caractérise bien le rythme de croissance des arbres. Il est souvent utilisé dans les études de productions forestières [21] et pour la modélisation de la croissance en hauteur du pin dans divers pays [5, 6, 22].

RESULTATS

Reconstitution du faisceau expérimental

A partir des données d'analyses de tiges, les courbes de l'évolution de la hauteur totale en fonction de l'âge sont tracées pour chacun des 25 arbres dominants retenus (fig.1). Sur le même plan, sont projetées aussi les 205 placettes échantillonnées, représentées chacune par son âge moyen et sa hauteur dominante. L'ensemble des courbes et du nuage de points obtenus donne un faisceau expérimental délimitant un intervalle dans lequel peuvent être tracées des courbes de fertilité.

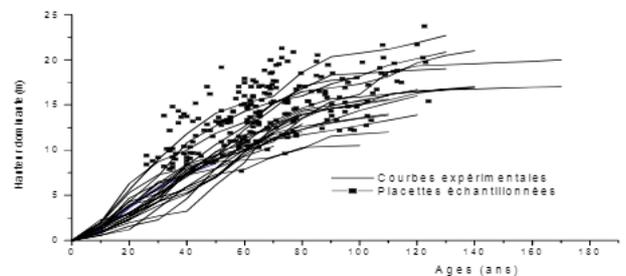


Figure 1 Courbes expérimentales et nuage de points des peuplements de pin d'Alep échantillonnés à Ouled-Yakoub

Ajustement du modèle de croissance de Chapman – Richards et fixation des niveaux de productivité

L'ajustement du modèle de Chapman- Richards a donné l'équation suivante :

$$H_{dom} = k_1 \left[1 - e^{(-0,0201 \times \text{âge})} \right]^{1,5345}$$

La qualité de l'ajustement du faisceau expérimental est jugée par le coefficient de corrélation (R² = 0,985) et par l'écart résiduel entre les valeurs observées et celles calculées (δ = 0,118). La faible valeur de cet écart indique qu'il y a une bonne adéquation du modèle avec les données expérimentales.

Le modèle établi a permis de définir 4 courbes de croissances d'amplitude égale à 3 m., correspondant à des hauteurs dominantes à 70 ans (site index ou indice de station) de 10 m, 13 m, 16 m et 19 m (Fig.2). Les valeurs du paramètre K₁ calculé pour ces classes de fertilité sont respectivement de 15,386, 20,002, 24,617 et 29,233. La hauteur dominante en fonction de l'âge des classes de fertilité est représentée dans le tableau 1.

Tableau 1 : Valeurs de la hauteur dominante (m) des différentes classes de fertilité en fonction de l'âge.

Age (ans)	Classes de fertilité			
	1	2	3	4
20	5,4	4,5	3,7	2,8
30	8,7	7,3	5,9	4,6
40	11,8	9,9	8,0	6,2
50	14,5	12,2	9,9	7,6
60	16,9	14,3	11,6	8,9
70	19,0	16,0	13,0	10,0
80	20,7	17,5	14,2	10,9
90	22,2	18,7	15,2	11,7
100	23,4	19,7	16,0	12,3
110	24,5	20,6	16,7	12,9
120	25,3	21,3	17,3	13,3

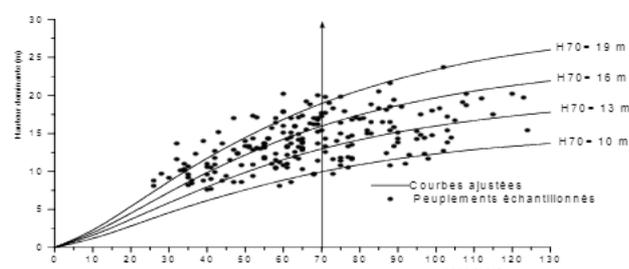
Les classes de croissances sont matérialisées par un faisceau de courbes qui caractérise leurs différents niveaux de productivité (Fig 2).

Caractéristiques des classes de croissance établies

Les 4 classes de croissance obtenues présentent les caractéristiques dendrométriques moyenne indiquées dans le tableau 2. La classe 1 est d'une bonne fertilité dont l'indice de station moyen à 70 ans dépasse les 19 mètres. Elle est constituée principalement de peuplements jeunes en pleine croissance et de forte densité (400 arbres / ha).

Tableau 2 : Caractéristiques dendrométriques moyennes des 4 classes de croissances.

Paramètres	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Age (ans)	51,0 ± 19,0	68,0 ± 21,3	72,0 ± 18,6	81,0 ± 16,6
Hauteur dominante (m)	16,5 ± 9,8	15,0 ± 3,1	13,0 ± 2,5	11,4 ± 1,7
Indice de station (hauteur domi. à 70 ans) (m)	19,0 ± 2,1	16,0 ± 0,9	13,0 ± 0,9	10,0 ± 0,8
Hauteur de l'arbre de surface terrière moyenne (m)	12,6 ± 3,6	12,8 ± 3,1	11,1 ± 2,4	9,8 ± 1,8
Haut. domi. de l'arbre de surf. terrière moy. (m)	30,2 ± 0,1	34,2 ± 0,1	32,3 ± 0,1	30,4 ± 0,1
Nombre d'arbres par hectare	407 ± 206	361 ± 217	352 ± 217	322 ± 167
Surface terrière (m ² / ha)	25,3 ± 11,7	27,4 ± 10,4	24,9 ± 9,9	21,3 ± 8,1
Volume bois sur pied (m ³ /ha)	141,0 ± 77,8	156,2 ± 70,7	140,0 ± 65,8	118,2 ± 52,9
Accroissement moyen en volume (m ³ / ha/an)	2,5 ± 0,9	2,3 ± 0,9	1,9 ± 0,7	1,4 ± 0,4
Accroissement courant en volume (m ³ / ha/an)	3,1 ± 0,9	2,7 ± 1,0	2,6 ± 1,1	2,3 ± 0,8
Nombre de placettes	47	72	59	27

**Figure 2 :** Courbes de croissance en hauteur dominante pour le pin d'Alep des massifs de Ouled-Yakoub et des Béni-oudjana

Les 2 classes intermédiaires 2 et 3 s'identifient par leur fertilité moyenne (indice de station = 16 à 13 m), leur abondance (70 % des peuplements) et leurs peuplements adultes, âgés de 70 ans en moyenne. Leur hauteur dominante dépasse rarement les 17 m.

La quatrième classe est médiocre, âgée (▼ 80 ans) et peu représentée (6 % des peuplements). Son indice de station moyen à 70 ans est de 10 mètres. Elle est constituée par des peuplements peu productifs (1,4 m³ / ha / an) ayant dépassé l'âge d'exploitabilité.

La comparaison des indices de station des différentes classes par le test F est hautement significative au seuil de 1%.

Comparaison des courbes obtenues avec celles d'autres sites

Les courbes de croissance en hauteur obtenues à Ouled-Yakoub et Béni-oudjana présentent une très forte similitude avec celles obtenues par Frantz et Forster [10] dans la pinède des Béni-imploul (Aurès) (Fig.3). Pour une hauteur dominante considérée à l'âge de 100 ans, l'écart résiduel entre les classes dans les 2 stations n'est que de 0,10 m.

En comparaison avec les résultats obtenus en Provence (France) par Brochiero et al. [5], l'écart résiduel est également très faible, de l'ordre de 0,15 m pour une hauteur dominante calculée à 70 ans (fig.4). Par contre, les ajustements des courbes établies par Couhert et Duplat [4] en France montrent nettement une discordance avec celles de Ouled Yakoub et Béni-oudjana. L'écart observé est important.

Il est de 2 m pour un site index à 50 ans. Cette différence s'explique probablement par le fait que les peuplements de pin d'Alep de la zone méditerranéenne française évoluent dans des stations meilleures. L'utilisation de modèles différents d'ajustement peut aussi influencer la croissance en hauteur.

Les classes de fertilité du pin d'Alep d'Espagne tracées par Montero [6], montrent une croissance plus importante que celle de Ouled-Yakoub et Béni-oudjana quand les peuplements sont jeunes (Fig.5). Au fur et à mesure que les peuplements évoluent, les écarts entre les 2 stations se réduisent progressivement, s'annulent à 80 ans et leur signe s'inverse à un âge avancé. Pour toutes classes de fertilité confondues, cet écart est de l'ordre de 1,76 m pour une hauteur dominante à 70 ans.

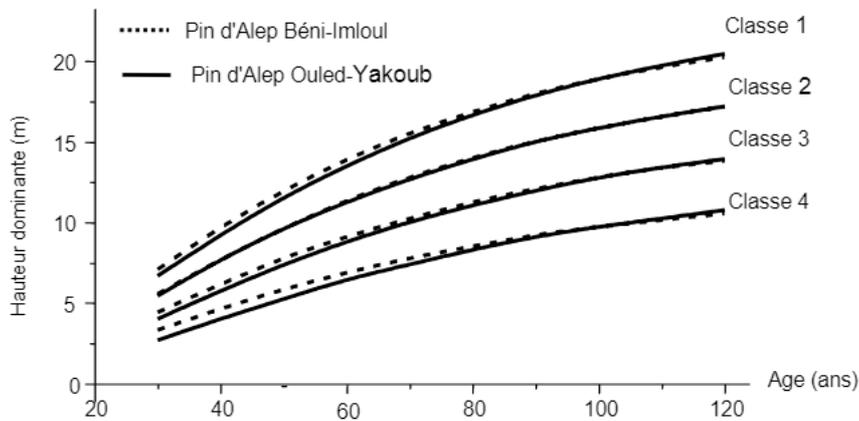


Figure 3 : Comparaison des courbes des 4 classes de croissance en hauteur dominante à l'âge de 100 ans des sites de Beni-Imploul et de Ouled-Yakoub.

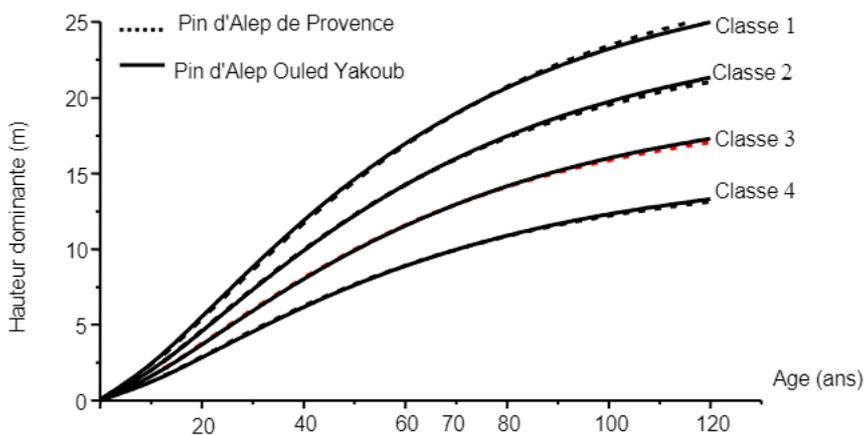


Figure 4 : Comparaison des courbes des 4 classes de croissance en hauteur dominante à l'âge de 70 ans des sites de Provence (France) et de Ouled-Yakoub.

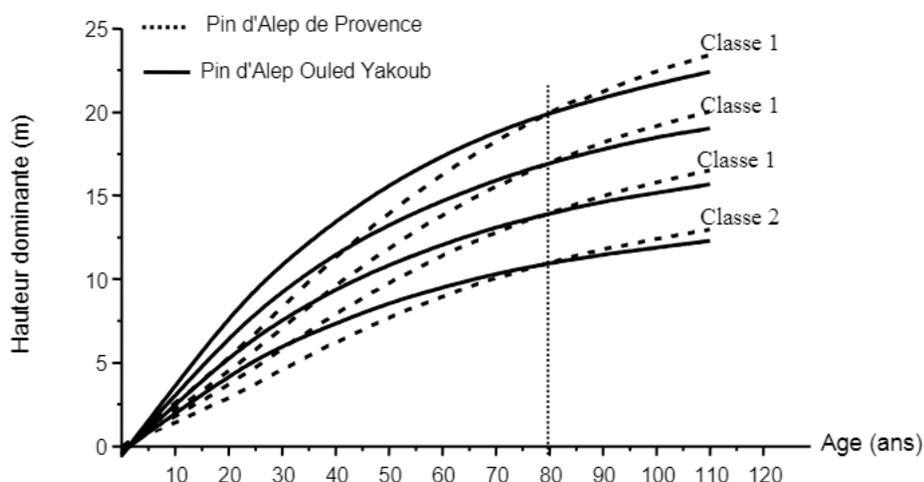


Figure 5: Comparaison des courbes des 4 classes de croissance en hauteur dominante à l'âge de 80 ans des sites d'Espagne et de Ouled-Yakoub.

CONCLUSION

Le régime de croissance du pin d'Alep du massif de Ouled-Yakoub et des Béni-oudjana, non établi à ce jour est maintenant défini. Les résultats des analyses de tiges, complétées par les mesures de couples âge-hauteurs dominante des placettes temporaires donnent une bonne précision du régime de la croissance en hauteur. Pour les 4 classes de fertilités confondues, la croissance en hauteur du pin d'Alep du massif de Ouled-Yakoub et des Béni-oudjana, reste faible. Au-delà de l'âge de référence choisi de 70 ans, cette croissance se réduit significativement.

La variabilité des conditions de la zone étudiée et le choix du modèle de croissance adopté influent sur l'allure de la courbe de croissance. Cependant, la croissance en hauteur du pin d'Alep dépend davantage des conditions de la station que du modèle d'ajustement adopté. L'évolution de la croissance en hauteur du pin d'Alep du massif de Ouled-Yakoub et des Béni-oudjana, présente une grande similitude avec certaines stations européennes.

REFERENCES

- [1]- Pardé J., " La production des forêts de pin d'Alep en France", Ann. E.N.E.F, Stat. Rech. Exp., 15 (21), (1957), pp. 367-414.
- [2]- Quezel P., "Les pins du groupe « *halepensis* » : Ecologie, Végétation, Ecophysiologie", Options Méditerranéennes, Série Etude CIHEAM 86/1, (1986), pp. 11-24.
- [3]- Mezali M., " Rapport sur le secteur forestier en Algérie, " 3^{ème} session du forum des Nations Unis sur les forêts, (2003), 9 p.
- [4]- Couhert B. et Duplat P., "Le pin d'Alep. Rencontres forestiers-chercheurs en forêt méditerranéenne", La Grande-Motte (34), (1993), pp. 125-147.
- [5]- Brochiero F., Chandiooux O., Ripert C. et Vennetier M., "Autécologie et croissance du pin d'Alep en Provence calcaire", Forêt méditerranéenne, XX (2), (1999), pp. 83-94.
- [6]- Montero G., Canellas I. Et Ruis-Peinado R., "Growth and Yield models for *Pinus halepensis* Mill", Invest. Agr. Sist. Recur. For., 10 (1), (2001), 24 p.
- [7]- Belghazi B., Ezzahiri M. et Romane F., "Productivité de peuplements naturels de pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) dans la forêt de Tamga (Haut Atlas, Maroc)", Cahiers Agricultures, 9 (1), (2000), pp. 39-46.
- [8]- Cianco O., "Sylviculture du pin d'Alep", Options Méditerranéennes, Série Etude CIHEAM 86/1, (1986), pp. 47-54.
- [9]- Chakroun M.L., "Le pin d'Alep en Tunisie", Options Méditerranéennes, Série Etude CIHEAM 86/1, (1986), pp. 25-27.
- [10]- Franz F. et Forster H., "Table de production de pin d'Alep pour les Aurès (Algérie)", Chaire de la production forestière de l'université de Munich, (1979), 114 p.
- [11]- Duplat, P., "Modèles de croissance en hauteur dominante pour le hêtre (*Fagus sylvatica* L.), le sapin pectiné (*Abies alba* Miller), le pin sylvestre (*Pinus sylvestris* L.) dans le massif de l'Aigoual", O.N.F., Section Technique, Doc. 86.1, (1986), 34 p.
- [12]- Abbas H., "La productivité des forêts de pin d'Alep dans le Sud-est méditerranéen français. Analyses écodendrométriques". Options Méditerranéennes, Série Etude CIHEAM 86 / 1, (1986), pp.127-156.

- [13]- Boisseau B., "Ecologie du pin pignon et du pin brutia : Détermination d'un indice de fertilité en fonction du milieu", Rev. For. Fr., XLVIII (4), (1996), pp. 321-335.
- [14]- Thibault A., Rondeux J. et Claessens H., "Indices et courbes de fertilité pour les peuplements de Douglas (*Pseudotsuga Menzeiezii* Mirb) en Belgique", Les cahiers forestiers de Gembloux, n°16, (2002), 12 p.
- [15]- Thibault A., Claessens H. et Rondeux J., "Etablissement des courbes de fertilité pour les peuplements de frêne (*Fraxinus Exelsior* L.) en région limono-calcaire du Condroz et de l'Entrée-Sambre –et- Meuse", Les cahiers forestiers de Gembloux, n°7, (2002), 18 p.
- [16]- Decourt N., "Production primaire, production utile : méthode d'évaluation, indice de productivité", Ann. Sci. Forest., 30 (3), (1973), pp. 219-238.
- [17]- Bartet J.H. et Bolliet R., "Méthode utilisée pour la construction de tables de production à sylviculture variable". Section technique, Document n° 76-9, (1976), 87p.
- [18]- Yi B.G., "Croissance du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti), en relation avec quelques variables du milieu en Languedoc-Rossillon (France) ",Thèse Doct. Ing., Univ. Sci. Tech.. Languedoc, (1976), 193 p.
- [19]- Alder D., "Estimation des volumes et accroissements des peuplements forestiers". Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, Vol. 22/2, (1980), 226 p.
- [20]- Legoff N., "Productivité du Frêne en région Nord-Picardie : Courbes de croissance", Ann. Sci. Forest., 26 (4), (1982), pp. 445-473.
- [21]- M'hirit O., "Etude écologique et forestière des cédraies du Rif marocain. Essai sur une approche multidimensionnelle de la phytosociologie et de la productivité du cèdre (*Cedrus atlantica* Manetti). "Thèse Doc.es-sciences, Univ. Droit.Econ. et Sci., Aix-Marseille, (1982), 436 p.
- [22]- Willard H., Carmen C. and Lenthall D. J., "Height-growth and site index cuves for jake pine in north central Ontario", Can. J. For. Res., vol. 19, (1989), pp. 2154-224.

