

Analysis and modelling of cork production towards an optimal management: case of Ain Snoussi forest, Northwestern Tunisia.

Analyse et modélisation de la production du liège en vue d'une gestion optimale: cas de la forêt de Ain Snoussi, Nord Ouest de la Tunisie.

B. STITI^{1,3}, H. CHAAR², A. KHALDI¹ B. HENCHI³

¹Institut National de Recherches en Génie Rural, Eaux et Forêts (INRGREF), BP10. Ariana. Université de Carthage. Tunisie

²Institut National Agronomique de Tunisie (INAT). BP 48, Tunis 1082. Université de Carthage. Tunisie.

³Faculté des sciences de Tunis (FST). El Manar. 2092. Tunis. Université El Manar. Tunisie.

*Corresponding author: stitibou@gmail.com

Abstract – Cork is a non-wood forest product widely used in industry. Despite its economic importance, research in relation to cork growth and production has been scarce in Tunisia. The objective of this study is to characterize cork thickness and to fit a non-linear model for predicting cork weight as a support for management decision. For this purpose, samples of reproduction cork were examined on 233 trees selected in Ain Snoussi cork oak forest, situated in Northwestern Tunisia. First, thickness was measured on cork samples then the former were sorted into 7 commercial classes according to cork thickness. Volume and weight of cork samples were calculated as well as stripped surface which let to estimate cork productivity per metre square of stripped surface. The results showed a low mean cork thickness (23.8 ± 2.3 mm) considered unfit for stoppers. Moreover, thickness was estimated to be below the limit required for stoppers production (27 mm) in 69% of cork. Productivity average, equal to 5.16 ± 0.59 kg per m², was low. Besides, a model was fit between reproduction cork weight and three principal tree parameters: circumference over bark at breast height, debarking height and cork age. Thus, it is recommended to extend cork rotation in this forest to increase cork thickness and to monitor efficiently the cork debarking operation with a reasonable debarking index. Indeed, by means of the explanatory parameters of the established model it would be conceivable to define the duration of the rotation period that best suits each forest.

Key words: *Quercus suber* L., cork thickness, industrial stoppers, Productivity, non-linear regression, debarking operation, forest management.

Resumé – Malgré l'importance économique du liège, les recherches sur sa croissance et sa production sont rares en Tunisie. L'objectif de cette étude est de caractériser l'épaisseur du liège et d'ajuster un modèle non linéaire pour la prédiction du poids du liège pour l'utiliser comme un outil d'aide à la décision des gestionnaires. L'épaisseur du liège de reproduction a été mesurée sur des échantillons pris sur 233 arbres sélectionnés dans la forêt de Ain Snoussi, située au nord ouest de la Tunisie. Ces échantillons ont été répartis en 7 classes commerciales suivant l'épaisseur du liège. Le volume et le poids du liège de reproduction ont été calculés ainsi que la surface déliégée qui a permis d'estimer la productivité par m² de surface génératrice. De plus, l'indice de déliégage a été calculé pour qualifier l'opération de la récolte de liège. L'épaisseur moyenne du liège (23.8 ± 2.3 mm) des échantillons est estimée inapte au bouchonnage. En outre, l'épaisseur pour 69 % des échantillons est inférieure à celle admise pour la production des bouchons (27 mm). La productivité moyenne (de 5.16 ± 0.59 kg de liège par m²) est considérée faible. En plus, un modèle a été ajusté entre le poids du liège de reproduction et trois paramètres de l'arbre: la circonférence sur liège, la hauteur de démasclage et l'âge du liège. Ainsi, En jouant sur les paramètres explicatifs du modèle établi, il serait concevable de définir la durée de la période de rotation qui convient le mieux à chaque forêt et de mieux normaliser l'opération de la récolte du liège avec un indice de déliégage raisonnable afin d'augmenter la productivité.

Mots clés : *Quercus suber* L., épaisseur de liège, bouchons industriels, Productivité, régression non linéaire, opération de déliégage, gestion forestière.



1. Introduction

Le liège, un produit biologique unique, est l'écorce du chêne-liège (*Quercus suber* L.) qui se reconstitue après son enlèvement. Le liège est un tissu végétal composé de cellules mortes hexagonales. Leurs espaces intercellulaires sont remplis d'air, ce qui lui confère une densité extrêmement faible. Les propriétés d'élasticité et d'étanchéité du liège en font un matériau de bouchage remarquable. Le premier usage est celui du liège de reproduction, épais, qui sert à la fabrication des bouchons de toutes catégories. Les calibres utilisés en bouchonnerie sont surtout compris entre 27 et 40 mm d'épaisseur (Ferreira *et al.*, 2000). D'autre part, les constituants du liège sont présents selon des proportions qui varient en fonction de l'âge et l'habitat du chêne liège (Boudaoud, 2006). La qualité du liège est établie principalement selon la porosité due à la présence des canaux lenticulaires qui traversent les planches de liège radialement, du phellogène jusqu'à l'extérieur. La connaissance de l'épaisseur et de la qualité du liège est donc importante pour le producteur étant les deux facteurs déterminants pour la valorisation du produit (González-Adrados *et al.*, 2009). Parmi les nombreux facteurs qui apparaissent influencer l'épaisseur du liège nous pouvons invoquer la variabilité génétique (Ferreira *et al.*, 2000), la fertilité de la station (Montero, 1987), les paramètres dendrométriques ainsi que les conditions de déliègeage. Eu égard aux contraintes de contrôle de ces multiples facteurs, l'épaisseur du liège a été modélisée très rarement (Montero et vallego, 1992; Tomé *et al.*, 2001; Sánchez-González *et al.*, 2007). Malgré la pertinence évidente des pratiques de gestion pour une production rationnelle de liège forêts de chênes-lièges, peu de recherches ont été consacrées à ce sujet (Oliveira et Costa, 2012). L'objectif de cette étude est d'estimer la production du liège de reproduction dans une forêt de chêne-liège de la Kroumirie-Mogods (NW de la Tunisie) en examinant sa valeur commerciale à travers l'épaisseur du liège et la productivité comme critères de valorisation. En outre, un modèle de prédiction de la production du liège de reproduction a été ajusté pour orienter la décision du gestionnaire vers une récolte raisonnable.

2. Matériel et méthodes

2.1. Description de la zone d'étude

L'échantillonnage qui a servi de base à cette étude a été effectué dans la subéraie de Ain Snoussi, située dans le nord-ouest de la Tunisie, à l'intérieur de la subéraie de la Kroumirie-Mogods (figure 1). Elle dépend de l'Arrondissement des forêts de Ain Draham (première série, subdivision des forêts de Tabarka). Elle couvre une superficie de 3735 ha où le chêne-liège est majoritaire à 65%. Le régime appliqué à cette forêt est celui de la futaie régulière. La première récolte de liège de reproduction commence à l'âge de 48 ans avec une rotation de 12 ans et un coefficient de démasclage égal à 2 (DGF, 1983).

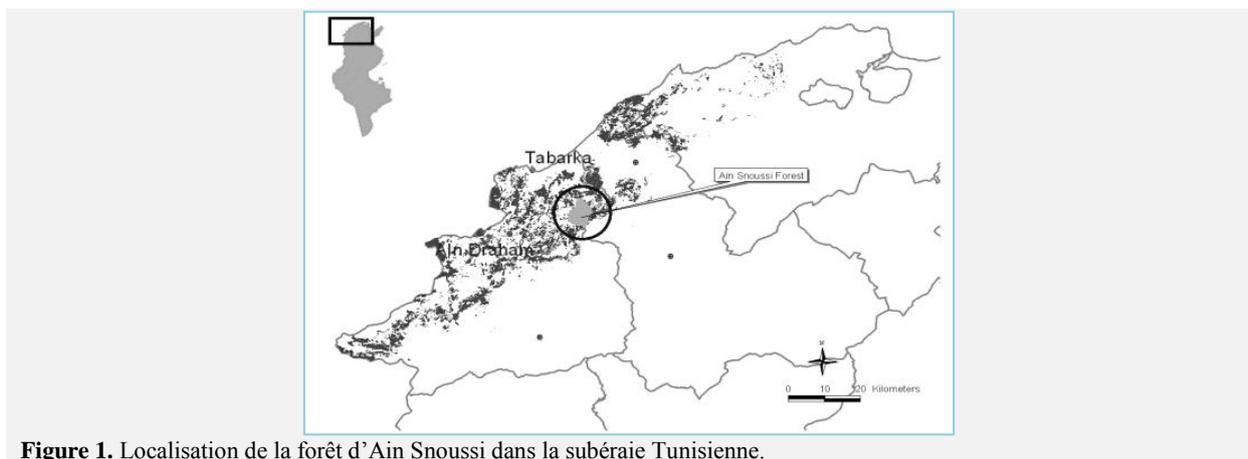


Figure 1. Localisation de la forêt d'Ain Snoussi dans la subéraie Tunisienne.

2.2. Données

2.2.1. Caractérisation du liège de reproduction

L'étude a été effectuée sur 233 arbres choisis sur l'ensemble de la forêt d'étude vers la fin de cycle de rotation. L'épaisseur cumulée du liège de reproduction a été mesurée à l'aide d'une règle graduée enfoncée à hauteur d'homme, dans l'écorce de l'arbre. Les accroissements annuels moyens du liège ont été calculés en utilisant les données relatives à l'année de démasclage procurées par le *Plan d'aménagement* de la forêt domaniale de Amdoun I pour la période: 1984-2007 (DGF, 1983). Ces

données ont permis d'indiquer l'âge des échantillons du liège de reproduction et de calculer leurs accroissements annuels moyens. Les échantillons de liège, choisis sur des arbres en fin de rotation, ont été triés suivant l'épaisseur du liège de reproduction en 7 classes commerciales (tableau 3), en % du total (Ferreira *et al.*, 2000).

En plus, le poids du liège (kg) a été calculé selon la formule suivante :

$$\text{Poids} = (\text{densité du liège} \times \text{volume}) \quad (1)$$

Pour la densité du liège, la valeur utilisée est une moyenne donnée par Aloui *et al.*, 2006 dans une étude effectuée sur des échantillons issus de six subéraies de la région de Ain Draham. La valeur a été estimée à 254.8 kg/m³ (Aloui *et al.*, 2006). Le volume du liège (V) a été estimé en utilisant la formule (2):

$$V = \left(\frac{\pi H d}{3} \right) \times \left[(r_1^2 + r_2^2 + r_1 \times r_2) - (r_1'^2 + r_2'^2 + r_1' \times r_2') \right] \quad (2)$$

où : Hd est la hauteur de démasclage; r₁ et r'₁, r₂ et r'₂ sont les rayons externe et sous liège respectivement à la base et à 1.30 m de la base du tronc de l'arbre, assimilé à un cône (Sebei *et al.*, 2001).

La surface déliégée des arbres échantillons ayant subi au moins un démasclage auparavant, a été calculée selon la formule (3); en assimilant la partie de la tige démasclée à un cylindre de diamètre D et de hauteur Hd (Sebei *et al.*, 2004):

$$Sd(m^2 \cdot arbre^{-1}) = \pi \times D \times Hd \quad (3)$$

avec : D = DHP (diamètre à hauteur de poitrine) sous liège (m); Hd = hauteur de déliégeage (m).

La productivité du liège de reproduction Prd (kg.m⁻²) a été calculée suivant la formuleci-après :

$$Prd(kg \cdot m^2) = \frac{P}{Sd} \quad (4)$$

où : P (kg) est le poids du liège produit par l'arbre et calculé par l'expression (1); Sd (m²) est la surface de déliégeage de l'arbre calculée par la formule (3).

En outre, l'intensité de déliégeage (ou indice dedéliégeage) ID; quotient de la surface déliégée totale de l'arbre (Sd) et la surface de la section sous liège à 1.30 m, a été calculée afin de caractériser l'arbre en tant que producteur de liège (Cañellas et Montero, 2002):

$$ID = \frac{Sd * 4\pi}{D^2} \quad (5)$$

où : Sd (m²) est la surface de déliégeage de l'arbre calculée par la formule (5) et D est le DHP sous liège (m).

Cet indice de déliégeage (ID) est le meilleur indicateur de la pression de déliégeage sur l'arbre (Cañellas et Montero, 2002; Montero, 1987). Pour un tel indice les valeurs comprises entre 34 et 36 sont recommandées (Montero 1987).

2.2.2. Modèle de prédiction du poids du liège de reproduction

La modélisation du poids du liège de reproduction récolté a été effectuée sur 44 arbres échantillonnés en utilisant les données relatives à l'année de démasclage fournies par les services forestiers de la forêt d'Ain Snoussi (DGF, 1983). Elles ont permis de sélectionner les arbres représentant différentes classes de circonférence et d'âge du liège (tableau 1). Le choix du modèle analysé a été effectué en se basant sur la littérature, la simplicité et le sens biologique. Dans une première étape, nous avons discerné les variables indépendantes dont dépend le poids du liège de reproduction (P en kg). Elles ont été choisies en considérant les difficultés éprouvées lors de leur mesure sur le terrain. De fait, trois variables ont été maintenues: la circonférence au-dessus du liège à 1,3 m (CSL en cm), la hauteur de déliégeage (HD en m) et l'âge du liège (âgeliège en an), à la date de sa récolte. Les caractéristiques de ces variables ont été synthétisées au tableau 1.

Tableau 1. La circonférence sur le liège à 1,3 m (CSL, cm), la hauteur de démasclage (HD, m), l'âge du liège (Ageliège, ans), ainsi que le poids du liège de reproduction récolté (P, Kg) sur les arbres échantillonnés dans la forêt de AinSnoussi: moyenne, écart-type, minimum et maximum.

Variable	Minimum	Maximum	moyenne	Ecart-type
CSL (cm)	54	193	109	5,48
HD (m)	1	3	1,89	0,07
Ageliège (an)	1	19	6,07	0,7
P (kg)	1,04	19,87	6,29	0,6

Plusieurs modèles aussi bien linéaires que non-linéaires, fournis par la littérature (Ferreira et Carvalho Oliveira, 1991; Fonseca et Parresol, 2001 ; Ribeiro et Tomé, 2002) ont été testés afin d'ajuster le poids de liège de reproduction (P, en Kg). Le modèle qui constitue le meilleur choix pour nous est celui qui répondait le plus à une faible erreur-type ou RMSE (la racine-carré de l'erreur quadratique moyenne: Mean squared error, ou MSE), à un coefficient de détermination élevé, à des paramètres significatifs et des résidus bien répartis sans tendance particulière.

2.2.3. Traitement de données

Tous les calculs ont été exécutés sur des variables non transformées, à l'aide du logiciel "Excel 2010". Le traitement des données et l'ajustement du modèle ont été effectués à l'aide du logiciel SAS, version 9.2.

3. Resultats

3.1. Caractérisation du liège de reproduction

L'épaisseur totale (cumulée) moyenne du liège de reproduction estimée à 23.8 ± 2.3 mm (tableau 2) est faible ne permettant pas d'atteindre le calibre minimal pour la production des bouchons, fixé à 27 mm (Ferreira *et al.*, 2000). L'accroissement annuel moyen a été estimé à 2.05 ± 0.2 mm (tableau 2). De ce fait, l'épaisseur cumulée du liège, calculée pour 12 ans de rotation (24.6 mm), est inférieure à 27 mm.

Tableau 2. Caractérisation des échantillons de liège récoltés sur des arbres de la subéraie d'Ain Snoussi

Paramètre	Moyenne	Ecart standard de la moyenne	Minimum	Maximum
Épaisseur totale, mm	23.8	2.3	7.7	51
Accroissement annuel moyen, mm/an	2.05	0.2	0.7	4.6
Productivité, kg.m ⁻²	5.16	0.59	3	7.3
Intensité de démasclage	30.35	4.73	12.48	61

En outre, la distribution par classes d'épaisseur a montré que 69% des échantillons de liège sont classés non convenables pour la production des bouchons. Les échantillons qui pourraient être utilisés pour la fabrication de bouchons de haute qualité (bouchons standards et gros bouchons) n'ont représenté que 14% du total (Tableau 3).

Les résultats trouvés dans la forêt de Ain Snoussi ont donné une faible productivité moyenne du liège par m² de surface génératrice (tableau 2) qui n'a pas dépassé 5.16 kg.m⁻².

Tableau 3. Distribution des échantillons de liège récoltés dans la forêt de Ain Snoussi par classes commerciales d'épaisseur, en % du total.

Classe d'épaisseur	Catégorie	Utilisation	Pourcentage (%)
Ep < 22 mm	«Flotté»	Planchettes	46
22 ≤ Ep < 27 mm	«Mince»	Planchettes, Rondelles	23
27 ≤ Ep < 32 mm	«Juste»	Petits bouchons	17
32 ≤ Ep < 40 mm	«Régulier»	Bouchons standards	9
40 ≤ Ep < 45 mm	«Limonade»		1
45 ≤ Ep < 54 mm	«Epais»	Gros Bouchons	4
Ep ≥ 54 mm	«Surépais»		0

D'autre part, l'indice moyen de déliègeage (ID) a été estimé à 30 ce qui est inférieur à la valeur recommandée pour une bonne récolte de liège (Cañellas et Montero, 2002; Montero, 1987). De plus, 2% des arbres déliégés seulement présentent des valeurs d'intensité de déliègeage (tableau 4) comprises dans l'intervalle des valeurs recommandées pour une bonne récolte (34-36). La plupart des échantillons (75%) montrent des indices inférieurs à 34.

Tableau 4. Distribution des échantillons de liège récoltés dans la forêt de Ain Snoussi par classes d'indice de déliègeage, en % du total.

Classe d'indice de déliègeage	Pourcentage d'échantillons (%)
ID < 22	75
34 – 36	2
ID > 36	23

3.2. Modélisation de prédiction du poids du liège de reproduction

Le modèle retenu est un modèle exponentiel (exp), sans constante, et à trois paramètres (a, b et c); il s'écrit sous la forme :

$$P = b \cdot \exp^{(CSL \times HD)^c} \exp^{(Ageliège)^d} \quad (6)$$

Ce modèle non-linéaire ajusté a permis d'expliquer 78% ($R^2=0,7804$, R^2 ajusté = 0,7694) de la variation dans les valeurs du poids du liège avec une erreur-type (ou RMSE) de 1,9994 kg. Cette dernière représente en fait l'erreur standard de la valeur prédite; elle donne l'étendue de l'intervalle de confiance (IC) au seuil de signification de 5% de la valeur prédite (IC $\sim 2 \times RMSE$). Les paramètres du modèle ajusté se trouvent au tableau 5.

Tableau 5. Paramètres du modèle non-linéaire ajusté au poids du liège de reproduction : Valeur estimée, Erreur standard (ES), valeur de la statistique t , valeur approximative de $Pr > |t|$.

Paramètre	Valeur estimée	ES	Valeur de t	Valeur approximative de $Pr > t $
B	0,018602	0,00564	3,30	0,0021
C	0,267528	0,0101	26,44	<0,0001
D	0,264453	0,0299	8,83	<0,0001

L'examen des résidus (valeurs observées – valeurs prédites) du modèle en fonction des deux variables explicatives n'a pas suggéré une tendance particulière pour leur variation en fonction du temps (Figure 2A et Figure 2B); ils ont été relativement bien repartis autour de zéro.

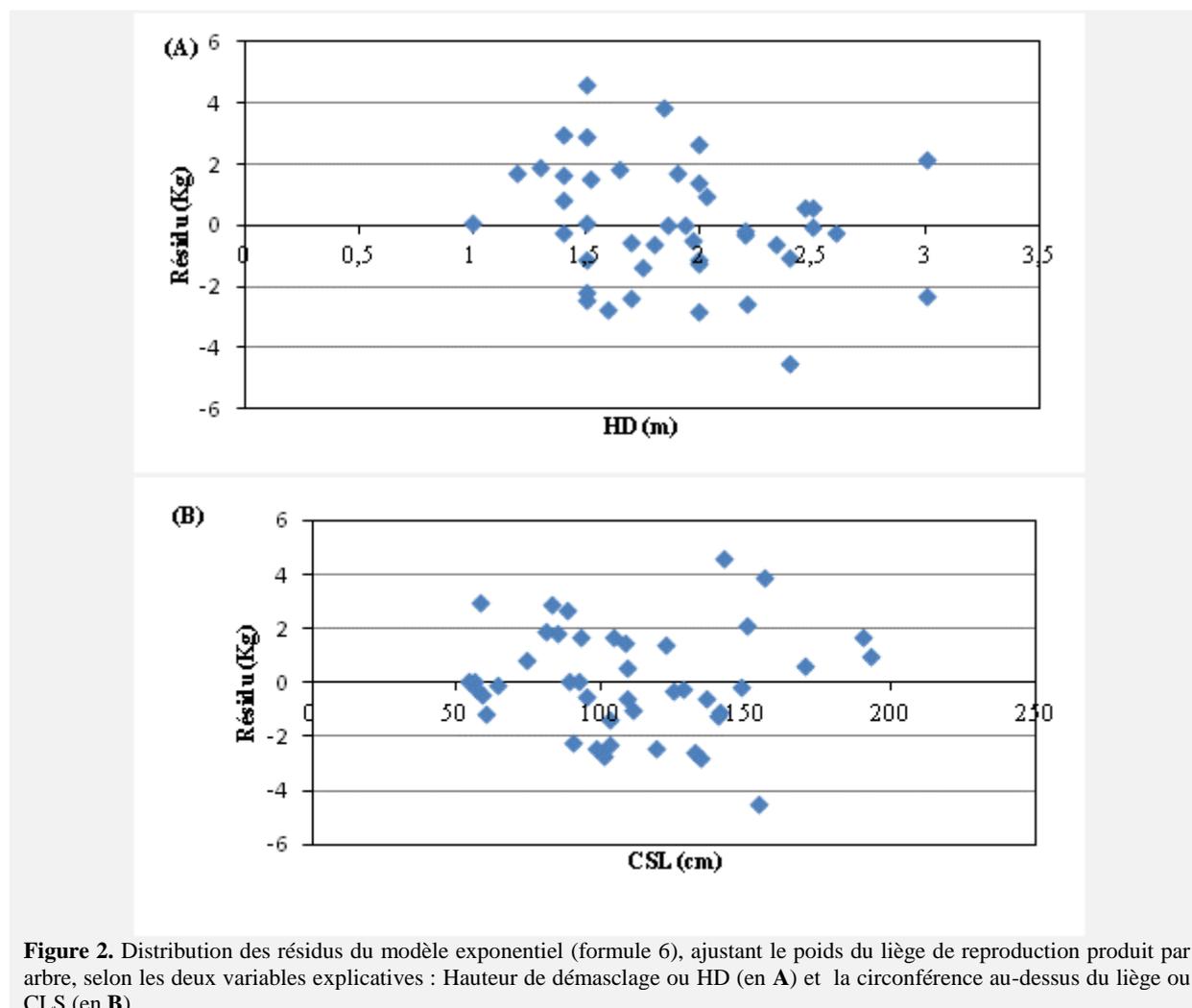


Figure 2. Distribution des résidus du modèle exponentiel (formule 6), ajustant le poids du liège de reproduction produit par arbre, selon les deux variables explicatives : Hauteur de démasclage ou HD (en A) et la circonférence au-dessus du liège ou CLS (en B).

De plus, les valeurs du poids de liège prédites par le modèle exponentiel ont été en accord avec celles mesurées (Figure 3). Ainsi, malgré le faible nombre d'échantillons ayant servi à l'ajustement, le

modèle exponentiel proposé semble correctement ajuster les données du poids de liège de reproduction produit par arbre.

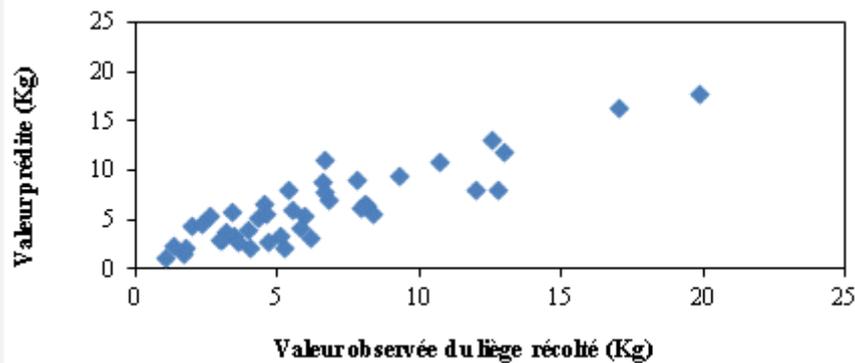


Figure 3. Distribution des valeurs prédites par le modèle exponentiel (formule 6) en fonction de celle mesurées.

La figure 4 montre les courbes d'ajustement du poids de liège de reproduction produit par arbre individuel en fonction de la variable explicative fictive, composée du produit de la circonférence à 1,3 m sur le liège et la hauteur de démasclage, et selon la durée de rotation de récolte du liège.

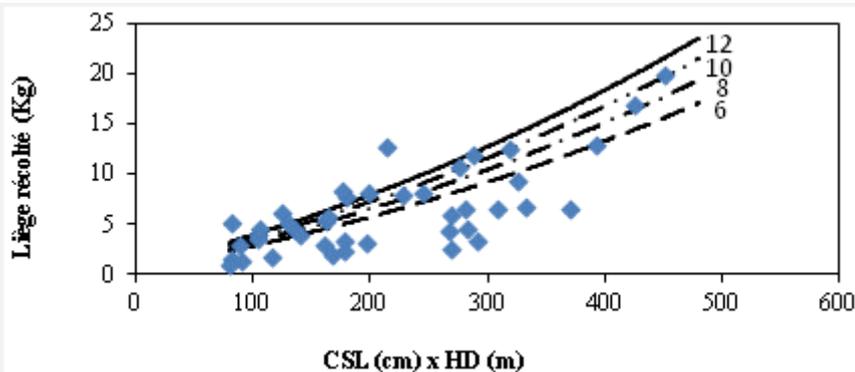


Figure 4. Courbes ajustées du liège produit, selon le modèle exponentiel (formule 8), en fonction du produit des deux variables explicatives circonférence à 1,3 m au-dessus du liège (CSL, en cm) et hauteur de démasclage (HD, en m), et selon l'âge l'exploitation du liège (6, 8, 10 et 12 ans).

4. Discussion

La comparaison avec d'autres subéraies tunisiennes ou méditerranéennes a montré que la forêt de Ain Snoussi fournit une production médiocre du liège. En effet, la production du liège enregistrée dans 6 autres forêts tunisiennes a donné une épaisseur moyenne de 28,9 mm et un cerne de liège de 2,4 mm avec seulement 45,6 % d'échantillons ayant des épaisseurs inférieures à 27 mm (Aloui *et al.*, 2006). Dans la forêt de Béllif, l'accroissement annuel moyen et l'épaisseur cumulée du liège ont été estimés à 3.45 mm/an et 41.4 mm, respectivement avec seulement 5% des échantillons classés non convenables pour la production des bouchons (Stiti *et al.*, 2014). Dans 5 subéraies en pleine production dans le bassin du fleuve Sado au Portugal, l'épaisseur de liège est de 33,8 mm avec seulement 25% d'échantillons ayant des épaisseurs au-dessous de 27 mm (Ferreira *et al.*, 2000). De même, la productivité moyenne du liège par m² de surface génératrice trouvée dans la forêt de Ain Snoussi (5,16 kg.m⁻²) est inférieure aux productivités estimées pour des échantillons prises dans les forêts tunisiennes (variant de 6,3 à 8,1 kg.m⁻²) ou à celles estimées dans les subéraies Portugaises (8,8 kg.m⁻²). D'une manière générale, l'étude de la production et de la qualité du liège de la subéraie ne peut être détachée de son contexte écologique et forestier. De fait, plusieurs paramètres ont un impact plus au moins direct sur les performances des arbres et sur la qualité du liège qui en résulte. La majorité des auteurs pensent que la qualité du liège est un sujet très compliqué du fait que cet arbre présente toutes les contradictions possibles (Natividade, 195 ; Pereira, 2007). Toutefois, le seul paramètre sur lesquels les auteurs se regroupent est le mode de gestion des subéraies (Dehiri, 2017). Ainsi, le modèle établi dans cette étude peut présenter un grand outil pour le forestier puisqu'il permet d'estimer le poids du liège de

reproduction par arbre à l'aide de mesures très faciles à prendre. Le modèle exponentiel utilisé pour expliquer le poids du liège de reproduction l'a correctement ajusté en utilisant le produit circonférence à 1,3 m au-dessus du liège (CSL) et la hauteur de démasclage (HD), ainsi que l'âge de récolte du liège en tant que variables explicatives. Fonseca et Parresol (2001) ont trouvé que le produit CSLxHD était la meilleure variable permettant d'estimer le poids du liège par arbre. En revanche, Ferreira et Carvalho Oliveira (1991) se sont contentés d'un simple modèle linéaire pour prédire le poids du liège, tout en utilisant séparément les deux variables explicatives CSL et HD. Par comparaison au modèle de Fonseca et Parresol (2001), le notre comprend en plus la variable âge du liège, les arbres échantillonnés n'ayant pas le même âge. Toutefois, le nombre d'échantillons utilisés pour ajuster notre modèle a été relativement faible. Ce nombre devrait être augmenté afin d'améliorer la précision des prédictions du poids de liège, représentée en partie par l'erreur-type du modèle.

5. Conclusion

Malgré l'importance socio-économique de l'opération de déliègeage, peu de données existent sur cette pratique méditerranéenne dans les subéraies nord-africaines, particulièrement en Tunisie. Les données sur la production et la qualité du liège issu de ces forêts sont également rares. L'objectif de cette étude est d'évaluer la production du liège de reproduction et d'examiner l'exactitude et la justesse de l'opération du déliègeage en tant que facteur de la récolte directement lié à la productivité. Les résultats obtenus dans la subéraie de Ain Snoussi ont montré que l'accroissement annuel moyen du liège est de 2 mm et ainsi l'épaisseur cumulée du liège (24 mm), calculée pour 12 ans de rotation est inférieure à 27 mm, calibre minimal pour la production des bouchons (Ferreira *et al.*, 2000). De plus, la distribution par classes d'épaisseur a montré que 69% des échantillons de liège sont classés non adaptés à la production des bouchons. La productivité moyenne du liège par m² de surface génératrice a été aussi estimée faible. Par ailleurs, l'indice moyen de déliègeage (ID) qui évalue la justesse de l'opération de déliègeage est inférieur à la valeur recommandée ce qui dénote un problème dans la récolte de liège. D'autre part, le modèle de prédiction du poids en fonction des paramètres de l'arbre (la circonférence sur liège à 1,3 m, la hauteur de déliègeage et l'âge du liège) a été établi dans cette étude pour aider à contrôler la production par une sylviculture optimale. En jouant sur ces paramètres explicatives, il serait intelligible d'aider à définir la période de rotation du liège de reproduction dans les subéraies méditerranéennes; en contrôlant la densité des peuplements, il est possible d'augmenter la circonférence de l'arbre et en amplifiant l'intensité de déliègeage (ID) il est possible d'envisager d'élever la hauteur de déliègeage, d'autant plus que l'augmentation du coefficient de déliègeage ne semble pas affecter ni la croissance du liège, ni la vigueur des arbres (Garchi et Sghaier, 2008). Pour accroître la production dans la forêt de Ain Snoussi, il serait plausible d'augmenter l'âge du liège en allongeant le cycle de production de plus de 12 ans dégradée, au moins à court et à moyen termes. D'autre part, comme l'arbre est la source de la variation avec une forte détermination génétique pour l'intensité et les caractéristiques de l'activité du phélogène chez le chêne-liège (Ferreira *et al.*, 2000) d'où l'importance potentielle d'un programme d'amélioration de la production du liège.

6. Références

- Aloui A, Rjaibi A, Ben Hamadi N** (2006) Etude de la qualité du liège dans les subéraies de Ain Draham. Annales de l'INRGREF. 9(1). Numéro spécial. 45:59.
- Boudaoud N** (2009) Potentialités d'utilisation du nez électronique à spectromètre de masse pour la caractérisation de la fraction volatile du liège œnologique. Thèse doctorale (ABIES) en chimie analytique. Institut National Agronomique Paris-Grignon. 157p.
- Cañellas I, Montero G** (2002) The influence of cork oak pruning on the yield and growth of cork. Ann. For. Sci. 59. 753-760.
- Dehiri T** (2017). Contribution à l'étude de la qualité du liège de la forêt domaniale de Nesmoth (Wilaya de MASCARA). MASTER. Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen. 76p
- Direction générale des Forêts: DGF** (1983). Plan d'aménagement 1984-2007. Forêt domaniale de Amdoun. Première série. Tunis, 152p.
- Ferreira MC, Carvalho Oliveira AM** (1991) Modelling cork oak production in Portugal. Agroforestry Systems. 16:41-54.
- Ferreira A, Lopez F, Pereira H** (2000) Caractérisation de la croissance et de la qualité du liège dans une région de production. Ann. For. Sci. 57 (2000) 187:193.

- Fonseca JF, Parresol B R**(2001)A new model for cork weight estimation in Northern Portugal with methodology for construction of confidence intervals.Forest Ecology and Management. 152: 131:139.
- Garchi S, Sghaier T** (2008) Etude de l'effet du coefficient de démasclage et de la grosseur des tiges sur la croissance en épaisseur du liège: résultats d'un essai multi-sites après 10 ans de croissance. Geo-Eco-Trop, 2008, 32: 21:28
- González-AdradosJR, Garcia-Del CecaJ, González-HernándezF**(2009). Evaluación de anomalías y clasificación del corcho, in: Santiago Zapato (editor). Cork oak woodlands and cork industry: present, past and future. Museu delSuro de palafrugell copyright, Bercelona, 160:170.
- Montero G** (1987) Modelos para cuantificar la producción de corcho en alcornoques en función de la calidad de la estación y de los tratamientos selvícolas, Tesis Doctorales, 75 INIA Madrid.
- Montero G, Vallejo R**(1992) Variación del calibre de corcho medido a distintas alturas, Investig. Agrar., Sist. Recur. For. 2. 181:188.
- Natividade V.J.,1956 - Suberculture, Ecole national des eaux et des forets .Nancy 281.p.
- Oliveira G, Costa A**(2012). How resilient is *Quercus suber* L. to cork harvesting? A review and identification of knowledge gaps. Forest Ecology and Management 270 (2012) 257–272.
- Pereira H** (2007). Cork: Biology, production and uses. Elsevier, Oxford, UK.329p
- Ribeiro F, Tomé M**(2002)Cork weight prediction at tree level. Forest Ecology and Management, 171 (3): 231:241.
- Sánchez-González M, Calama R, Cañellas I, Montero G**(2007) Variables influencing cork thickness in spanish cork oak forests: A modelling approach Ann. For. Sci. 64 (2007) 301:312.
- Sebei H, Albouchi A, Rapp M, El Aouni MH**(2001) Evaluation de la biomasse arborée et arbustive dans une séquence de dégradation de la subéraie à Cytise de Kroumirie (Tunisie), Annals of Forest Sciences, 58(2001), 175:191.
- Sebei H, Albouchi A, Rapp M, El Aouni M H**(2004) Productivité en biomasse du chêne liège dans une séquence de dégradation de la subéraie à Cytise de Kroumirie (Tunisie). Annals of Forest Sciences, 61, 347:361.
- Stiti B, Hasni H, Ben Rjab S, Khaldi A**(2014) Evaluation de l'épaisseur et de la qualité du liège de reproduction dans la forêt de Bellif, nord ouest de la Tunisie. Integrated Protection in oak forests. IOBC/ wprs Bulletin Vol. 101, 2014.pp. 69:73.
- Tomé M, Coelho MB, Almeida A, Lopes F** (2001) O modelo SUBER. Estrutura e equações utilizadas, Relatórios técnico-científicos do GIMREF nº 2/2001, Centro de Estudos Florestais, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa.