

Regain d'intérêt pour le taillis et le taillis-sous-futaie : éléments utiles en vue de leur restauration

L'essentiel en bref :

1. En Europe, le régime sylvicole du taillis(-sous-futaie) vit un regain d'intérêt pour la production de biomasse et la conservation de la nature.
2. Les souches d'un certain diamètre sont capables de produire des rejets.
3. La croissance des tiges résiduelles, en particulier du chêne, augmente considérablement après la coupe du taillis.
4. La biomasse produite sur 120 ans dans un taillis-sous-futaie est plus importante que celle produite dans un taillis.
5. La biomasse sèche produite dans les taillis peut être estimée à partir du DHP. Les tarifs habituels développés pour le régime de la futaie entraînent une grande erreur d'estimation.
6. Les taillis(-sous-futaie) entretenus offrent de bonnes perspectives pour une grande diversité de plantes héliophiles et de papillons diurnes, tandis que les anciens taillis abandonnés accueillent une forte diversité d'insectes saproxyliques (liés au bois mort).
7. Lors de la restauration du taillis-sous-futaie, seules les fortes éclaircies permettent une augmentation de la diversité des plantes menacées, ainsi qu'une bonne régénération des strates arborescente et arbustive.
8. La restauration des taillis(-sous-futaie) peut considérablement augmenter le risque d'implantation d'espèces exotiques envahissantes.

1. Introduction

Le régime sylvicole du taillis et du taillis-sous-futaie (figure 1) était très fréquent en Europe durant plusieurs siècles, mais fut largement abandonné depuis le milieu du 20^{ème} siècle (tableau 1). La plupart des taillis ont été convertis en futaie, notamment en Europe centrale et du nord-ouest. Récemment, un nouvel intérêt pour cette forme d'exploitation s'est manifesté (cf. littérature), pour des raisons de production de biomasse et de conservation de la nature (Albert & Ammer 2012 ; Matula et al. 2012). Du point de vue économique, ce regain d'intérêt est dû à plusieurs caractéristiques du taillis: rotation courte (production rapide), faible coût des soins cultureux, utilisation d'essences à reproduction végétative, absence de concurrence avec la production de bois d'œuvre, etc. Une étude récente provenant de l'Italie du nord a mis en évidence que l'exploitation des taillis peut parfois générer un profit non négligeable (Spinelli et al. 2014).

Figure 1. Example structure of coppice-with-standards prior to coppice felling (top) and directly after coppice and selected standards are felled (bottom). Coppice rotation = 20 years; Standards rotation = 80 years. Numbers denote age of standards.

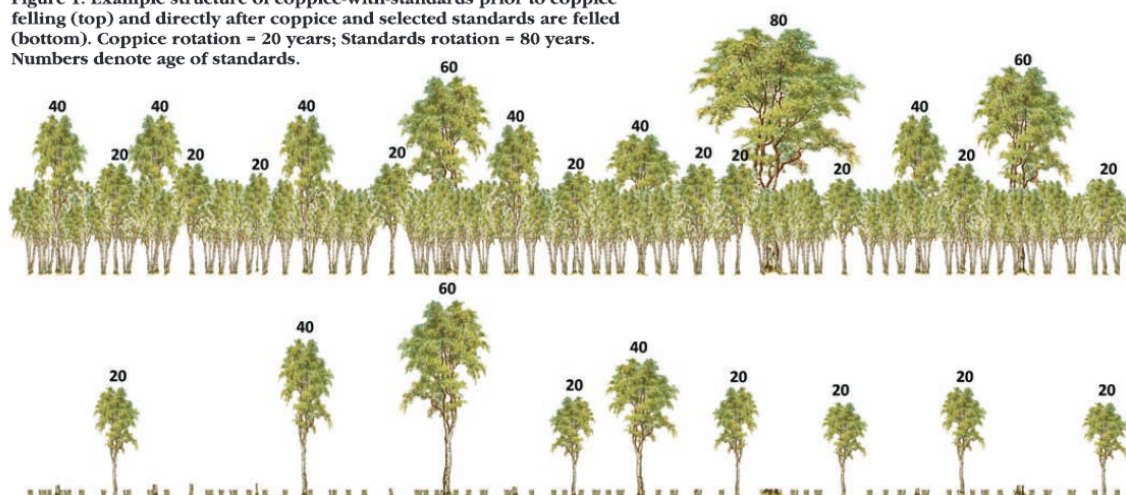


Figure 1: Taillis-sous-futaie schématique. Directement avant la coupe du taillis (en haut) et directement après (en bas). Dans cet exemple : rotation du taillis de 20 ans, rotation de la futaie de 80 ans. Souvent, la rotation de la futaie se situe plutôt entre 100 et 140 ans. Selon Short & Campion (2014).

De nos jours, cette forme d'exploitation est encore bien présente en France, en Grèce et en Italie (tableau 1). En Allemagne, les taillis-sous-futaie les plus connues se trouvent à Unterfranken (région de Würzburg). Les arbres de futaie y sont généralement le chêne, le hêtre ou des fruitiers sauvages (poirier, pommier).

Tableau 1: Evolution des taillis et taillis-sous-futaie en Europe, en pourcentage de la surface forestière totale du pays (selon Albert & Ammer 2012).

Jahr	Italien	Griechenland	Spanien	Frankreich	Belgien	Schweiz	Österreich	Deutschland
1896 ¹³	18	16	17	17	13	28	7,3	27,2
1900 ¹⁶								11,8
1955 ^{1,16}	61	58	36	54	44			7
1982 ²	57			50	30			
1985 ^{3,17}						3,7		
1988 ^{3,4}						5,0		
1992 ^{5,15,18}				40				1,7
1997 ³						4,0		
2005 ^{6,14}	35							0,72
2008 ^{7,8}				38			2,4	
2011 ^{9,10,11,3,12,14}		65				2,8		

Durant 1000 ans, notamment les chênes étaient favorisés par le régime des taillis et taillis-sous-futaie (Altman 2013). Les données historiques montrent que le rajeunissement des chênes en Europe est clairement relié aux événements de coupe des taillis. Si les conditions de lumière ne sont pas optimales, les jeunes chênes peuvent certes germer et se développer durant environ 5 ans, mais ensuite ils meurent. Ouvrir fortement la canopée, à l'instar des taillis-sous-futaie, semble être la seule façon de faire survivre les chênes dans les forêts européennes. Depuis l'abandon de cette forme d'exploitation, le chêne est en forte diminution.

2. La régénération est-elle possible à partir des souches de gros diamètres ?

La régénération des taillis(-sous-futaie) peut être envisagée à partir de futaies ou d'ancien taillis abandonnés. Dès lors, une question cruciale est de savoir si les souches sont capables de produire des rejets. Si les capacités du bouleau, du saule, de *Populus tremula*, *Quercus ilex* et *Castanea sativa* sont relativement bien connues, on en sait moins sur les trois essences principales des taillis de l'Europe centrale : le chêne sessile (*Quercus petraea*), le charme (*Carpinus betulus*) et le tilleul (*Tilia cordata*). Le diamètre de la souche et la densité des arbres résiduels jouent-ils un rôle ? Une étude récente (Matula et al. 2012) a montré que ces trois essences sont capables de produire des rejets de souche, même en tant qu'arbre déjà vieux, et après une longue période sans coupe. Le tilleul et le charme peuvent facilement produire des rejets à partir de tous les diamètres (jusqu'à >50 cm), tandis que pour le chêne sessile, la capacité de rejeter diminue avec l'augmentation du diamètre de la souche (figure 2 en haut). De même, la régénération végétative sera facile pour le charme sous une couverture de futaie (jusqu'à 50 tiges par hectare), alors que le chêne aura un peu plus de peine (figure 2 en bas).

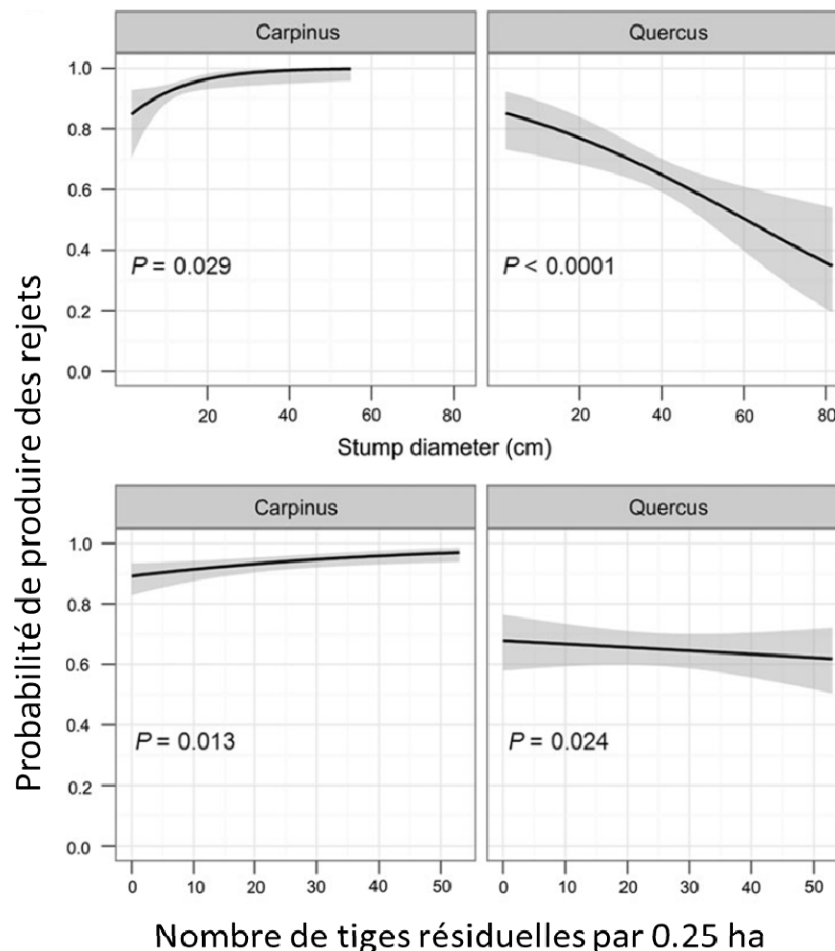


Figure 2: Capacité du charme (à gauche) et du chêne sessile (à droite) de produire des rejets. Axe de gauche : probabilité de produire des rejets, en fonction du diamètre de la souche (en haut) et du nombre de tiges résiduelles dans la futaie (en bas). Selon Matula et al. 2012.

3. Croissance augmentée des tiges résiduelles après la coupe du taillis

Après la coupe du taillis, la croissance des tiges résiduelles, mesurée par la largeur des cernes, va augmenter considérablement (de 50 à 100%) durant environ une vingtaine d'années (6-22 ans dans l'étude de Altman et al. 2013 ; figure 3). Les facteurs responsables de cette croissance accélérée sont : l'augmentation de la lumière, la diminution de la compétition avec les arbres voisins (jusqu'à ce que les voisins atteignent à nouveau la canopée), la disponibilité accrue en nutriments (azote, cations) surtout sur des sols relativement pauvres (l'activité microbienne y devient plus élevée grâce à la lumière au sol), une compétition moindre pour l'eau sur les sites relativement chauds et secs (Altman et al. 2013). Avec le développement du taillis, ces effets vont s'estomper petit à petit.

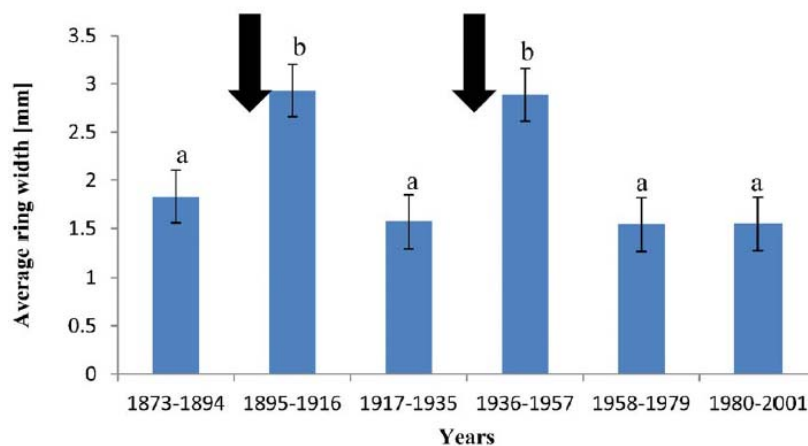


Figure 3 : Croissance accélérée des tiges résiduelles après la coupe du taillis. Croissance moyenne (en mm) des cernes en 22 ans (axe de gauche). Les flèches noires indiquent les coupes des taillis. Les périodes après ces coupes sont marquées par une croissance moyenne significativement plus grande que durant les périodes sans coupe du taillis. Selon Altman et al. 2013.

4. Comparaison entre la biomasse produite dans le taillis et le taillis-sous-futaie

La biomasse totale d'un taillis-sous-futaie est en moyenne d'environ 40% supérieure à la biomasse d'un taillis (Albert & Ammer 2012 ; méta-analyse de données publiées entre 1828 et 2011, comprenant 56 taillis et 139 taillis-sous-futaie). Dans 89% des taillis-sous-futaie étudiés, le chêne était l'essence principale de la futaie. L'augmentation de la biomasse de la strate inférieure, après une coupe, n'est que légèrement plus rapide dans le taillis, comparée au taillis-sous-futaie (figure 4). Par contre, la biomasse totale produite durant 120 ans restera nettement plus faible sous le régime du taillis (figure 5).

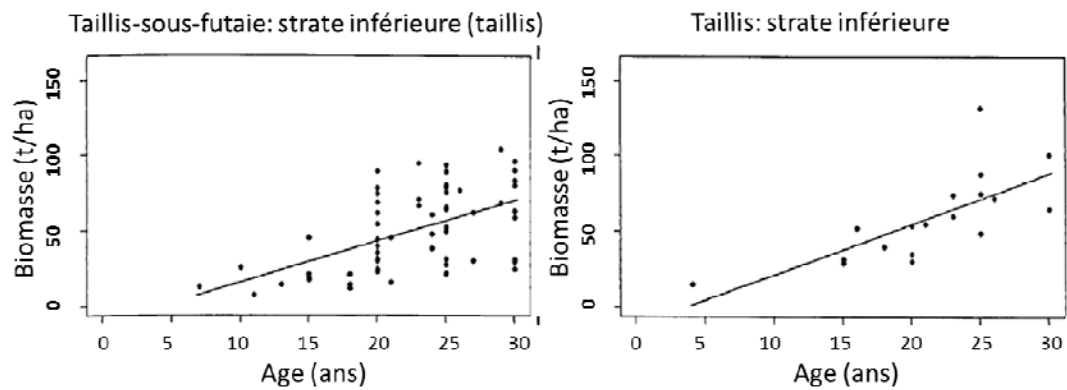


Figure 4: Biomasse de la strate inférieure dans des taillis-sous-futaie (à gauche) et les taillis (à droite). L'augmentation de cette biomasse, après une coupe, est presque identique dans les deux régimes. Selon Albert & Ammer 2012.

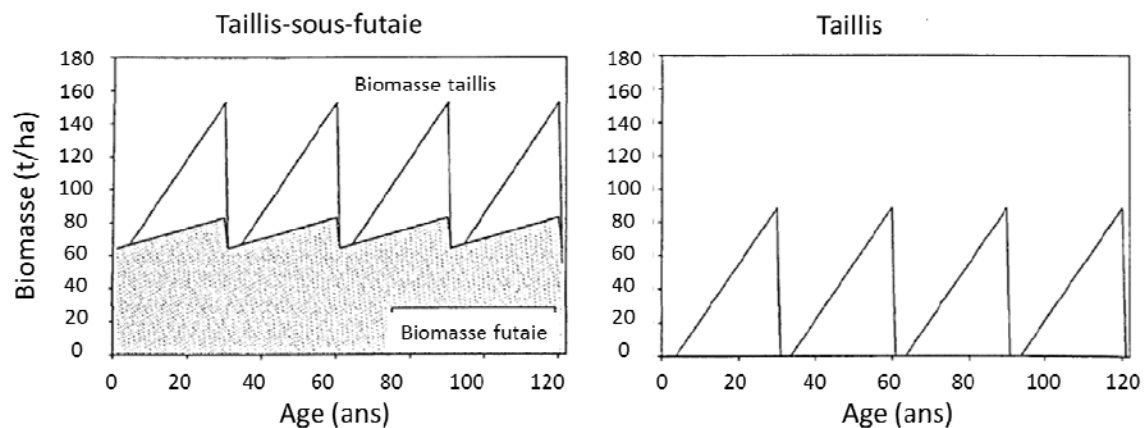


Figure 5: Biomasse exploitable durant 120 ans dans un taillis-sous-futaie (à gauche) comparée au taillis (à droite). Exemple du taillis-sous-futaie de chêne. D'une façon générale, la biomasse totale produite sur 120 ans restera toujours plus faible dans un taillis que dans un taillis-sous-futaie. Selon Albert & Ammer 2012.

5. Estimation de la biomasse produite à partir d'anciens taillis abandonnés

Les équations de biomasse développées pour les futaies ne permettent pas d'estimer correctement la biomasse obtenues à partir d'anciens taillis abandonnés, car la forme et la morphologie des arbres sont totalement différents dans ces deux systèmes sylvicoles. L'application de tarifs non adaptés peut produire une erreur d'estimation allant de -14% jusqu'à +50% (Suchomel et al., 2012). Pour le chêne sessile (*Quercus petraea*) et le charme (*Carpinus betulus*), les équations valables dans les anciens taillis ont récemment été développées en Allemagne (Suchomel et al. 2012). La biomasse sèche peut alors être estimée pour ces deux essences à partir du seul DHP selon la figure 6. En théorie, chaque site est différent et devrait être doté d'un tarif spécifique. Ceci n'étant pas possible, une estimation approximative peut être obtenue à partir de la figure 6, dont la validité a également été démontré dans d'autres sites (Angleterre, Autriche).

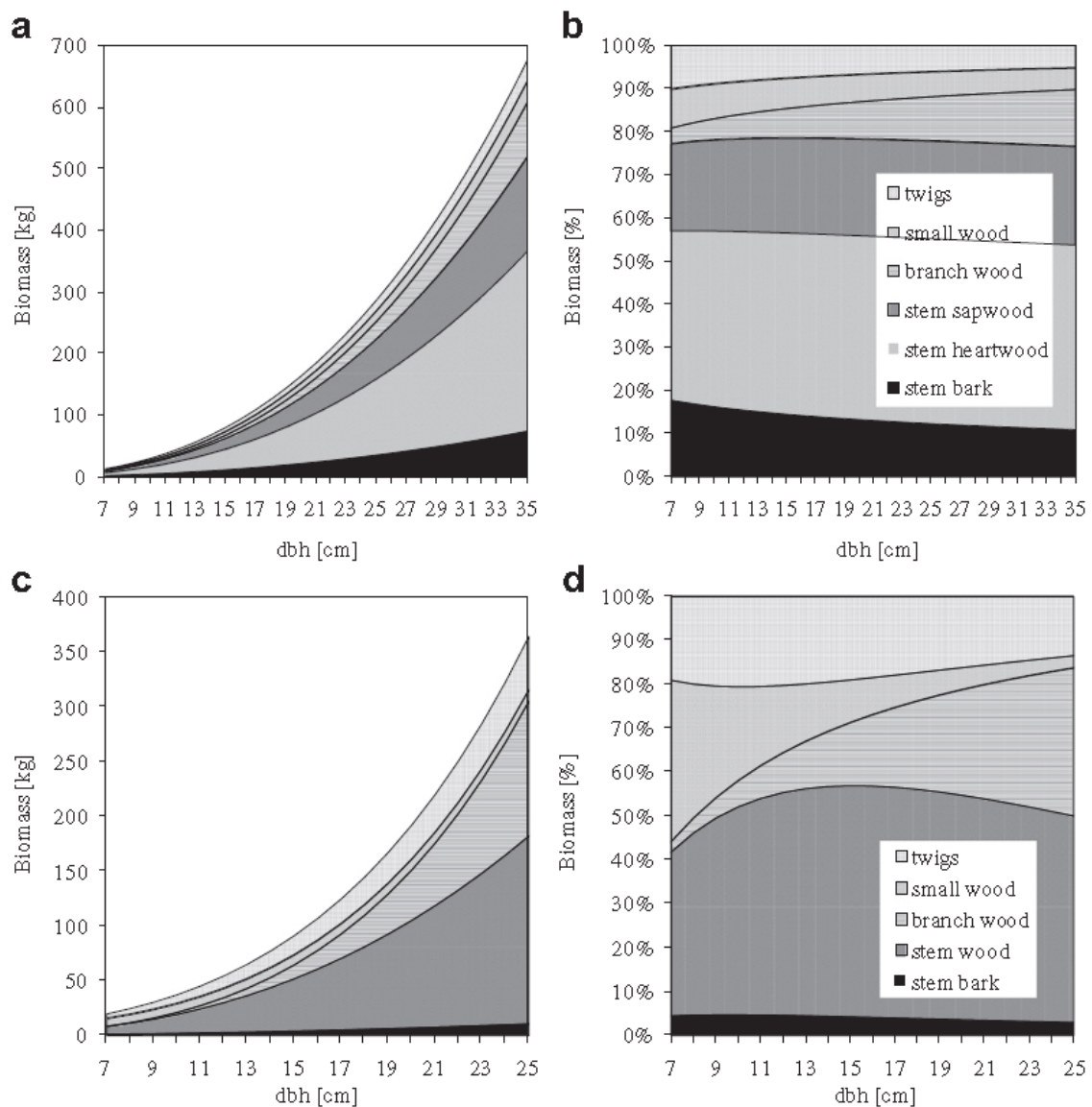


Figure 6 : Relation entre le DHP et la biomasse (masse sèche, kg) pour différents compartiments du chêne (a, b) et du charme (c, d). Stem bark = écorce, stem wood = bois de tige ≥ 7 cm, branch wood = branches ≥ 7 cm, small wood = 4-7 cm, twigs = brindilles < 4 cm. Selon Suchomel et al., 2012.

6. Les anciens taillis(-sous-futaie) abandonnés ont une forte valeur pour la biodiversité

Il est important de noter que les taillis(-sous-futaie) régulièrement entretenus ont une importance pour les espèces héliophiles gourmandes de lumière et de chaleur (notamment les plantes herbacées et les papillons diurnes), tandis que les anciens taillis abandonnés ont une valeur élevée pour la biodiversité saproxylique (espèces liées au bois mort). Du point de vue de la biodiversité, il serait donc faux de convertir systématiquement tous les taillis(-sous-futaie) abandonnés en taillis(-sous-futaie) à nouveau entretenu. Une étude française montre en effet que les taillis sans intervention depuis au moins 60 ans contiennent davantage de bois mort, sur pied et au sol, que les taillis dans lesquels la dernière intervention remonte à 20 à 25 ans (Lassauce et al. 2012). La richesse et l'abondance d'insectes saproxyliques y sont également plus grandes.

Une étude sur les papillons diurnes en Alsace a mis en évidence l'importance des premiers stades de développement après la coupe du taillis (a-c dans la figure 7) pour la diversité et l'abondance des papillons. La richesse et l'abondance de papillons, et notamment des espèces menacées, étaient maximales tout de suite après la coupe, puis diminuaient fortement dès environ 7 ans de développement (figure 8). L'ensoleillement direct, le microclimat chaud et l'abondance de ressources nectarifères expliquent en grande partie cette situation. Les taillis(-sous-futaie) peuvent être considérés comme des hotspots pour les papillons. Si cette forme d'exploitation redevient intéressant pour la production de bois de feu, il en résultera une vraie synergie avec le maintien d'une certaine biodiversité, en particulier les papillons diurnes, l'avifaune et les plantes héliophiles. A contrario, les gastéropodes (escargots etc.), les champignons ou les lichens epiphytes seront défavorisés sous le régime des taillis(-sous-futaie) où les conditions changent très rapidement, d'où la nécessité de maintenir également des surfaces sans interventions (telles les réserves forestières naturelles ou les îlots de sénescence), si l'on veut maintenir toute la biodiversité forestière.

Le taillis est plus pauvre en espèces que le taillis-sous-futaie, dans lequel on trouve des espèces supplémentaires profitant de la strate arborescente (pic mar, insectes saproxyliques etc.). Du point de vue de la biodiversité en forêt, le taillis-sous-futaie est donc clairement à préférer (Güthler et al. 2005 BfN-Skript).

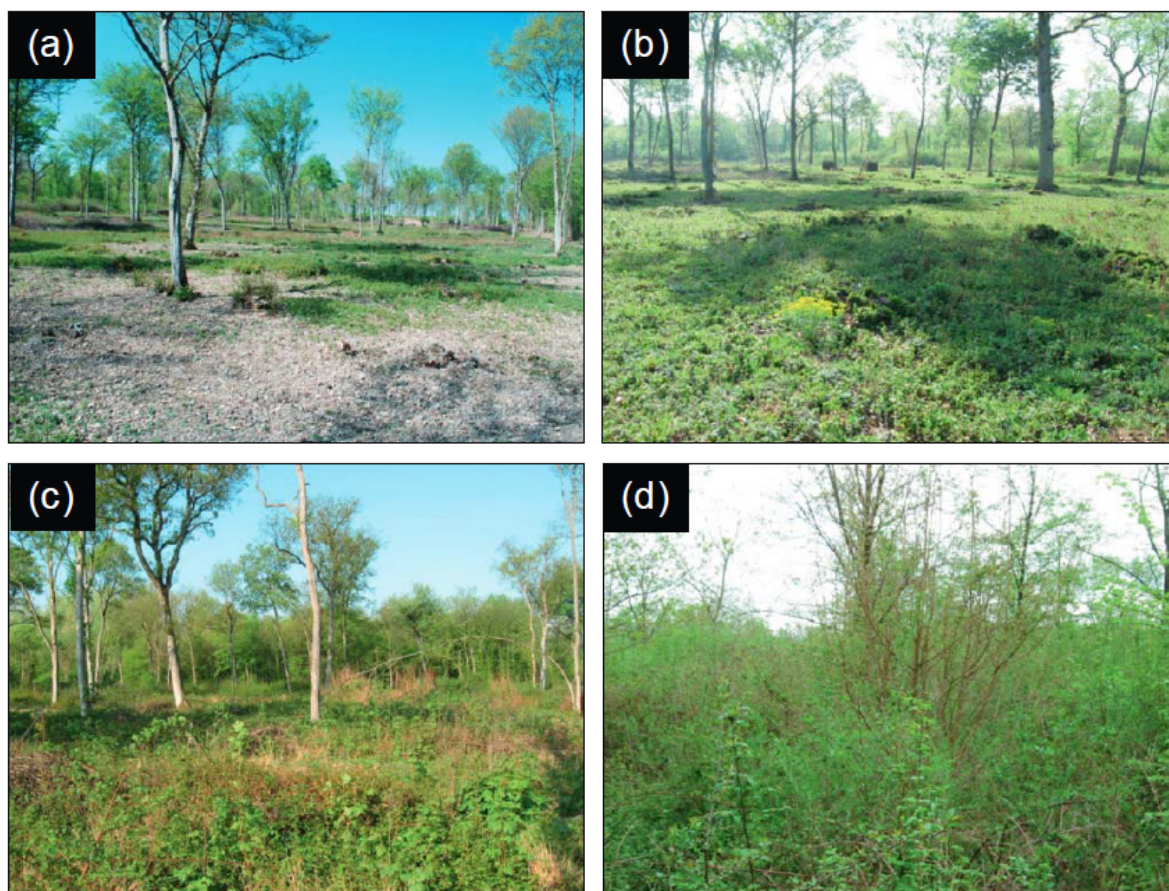




Figure 7: Développement caractéristique d'un taillis-sous-futaie (ici en Alsace) : a) 1^{ère} année, b) 2^{ème} année, c) 3-7 ans après la coupe, d) stade buissonnant 8-15 ans après la coupe, e) stade arborescent >15 ans après la coupe. Selon Fartmann et al. 2013.

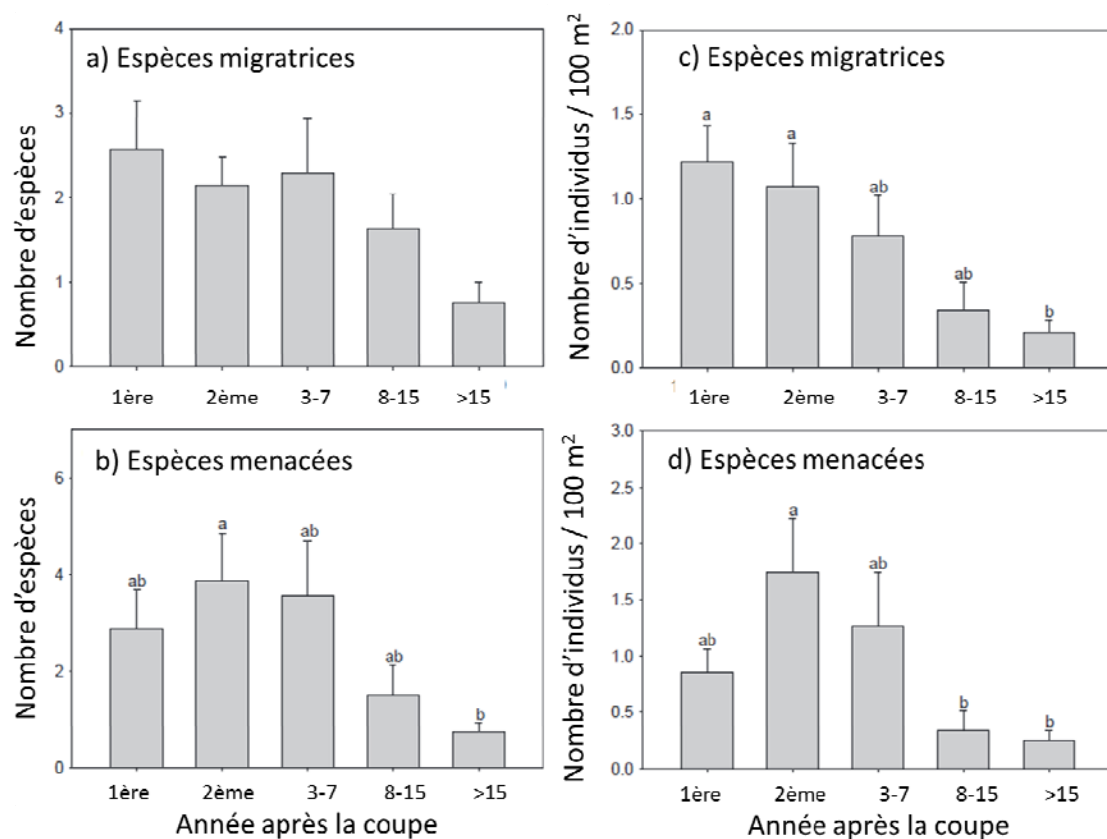


Figure 8: Richesse de papillons (à gauche : a, b) et abondance (à droite : c, d) dans les taillis. Dans les premiers stades juste après la coupe de taillis les conditions sont optimales. Dès l'apparition des stades buissonnant et arborescent les papillons ont tendance à disparaître. Selon Fartmann et al. 2013.

7. Comment réagissent les plantes vasculaires à la restauration du taillis-sous-futaie ?

Une expérience de restauration a été menée dans six localités en Tchéquie dans des anciens taillis-sous-futaie de chênes, afin d'observer la réaction des plantes vasculaires. Les sites étudiés se trouvent sur des sols acides à moyennement acides (90 surfaces au total ; Vild et al. 2013). Les

coupes d'éclaircissement étaient menées à deux intensités différentes : réduction de la surface terrière de 34% à 21.3 m²/ha (intensité moyenne) et réduction de 83% à 8.5 m²/ha (intensité forte). Une dizaine d'années après ces éclaircies les peuplements étaient analysés.

On constate des différences significatives dans les peuplements ayant subi une forte éclaircie, tant au niveau de la composition que de la diversité (tableau 2). Les espèces héliophiles et oligotrophes (préférant peu de nutriments, mais beaucoup de lumière), qui sont parmi les plantes les plus menacées en Suisse, ont profité seulement lorsque les éclaircies étaient fortes. Quant aux espèces exotiques, aucune différence n'a été observée entre les différents traitements dans cette étude (voir cependant le risque y relatif sous § 8). L'augmentation des espèces rudérales (liées aux perturbations du sol et à l'abondance des nutriments, en particulier l'azote) peut être liée à l'accumulation de biomasse et de dépôts d'azote atmosphériques durant des décennies. De plus, les sites étudiés sont fortement visités par le sanglier, créant lui aussi des perturbations favorisant des plantes rudérales.

Tableau 2: Comparaison des caractéristiques après 10 ans suite à la restauration de plusieurs taillis-sous-futaie de chênes. Valeurs en gras statistiquement différentes du contrôle. Intensités d'éclaircie moyenne : surface terrière restante 21.3 m²/ha ; forte : surface terrière restante 8.5 m²/ha. Selon Vild et al. 2013.

Variable	Contrôle	Intensité d'éclaircie moyenne	Intensité d'éclaircie forte
Ouverture de la canopée (%)	14.6 ± 1.9	15.6 ± 1.7	17.2 ± 3.2
Couverture arbustive (couverture %)	1.8 ± 2.8	5.3 ± 7.7	21.5 ± 22
Régénération d'arbres (couverture %)	10.7 ± 8.2	15.0 ± 8.7	32.2 ± 19.5
Strate herbacée (couverture %)	23.8 ± 12.3	29 ± 9.4	37.4 ± 15.3
Diversité d'espèces (N° par 10x10m)	27.9 ± 9.9	29.9 ± 9.5	34.7 ± 11.3
Espèces héliophiles oligotrophes (N° par 10x10m)	2.6 ± 2.3	2.9 ± 1.8	3.9 ± 2.3
Espèces rudérales indigènes (N° par 10x10m)	3.4 ± 1.6	4.2 ± 2.2	5.6 ± 2.4
Espèces exotiques (N° par 10x10m)	1.2 ± 1.1	1.4 ± 1.2	1.5 ± 1.3

Cette expérience montre, lorsque l'intensité des éclaircies est forte, que la diversité des plantes menacées augmente, ainsi que la régénération des strates arborescente et arbustive. Lorsque l'intensité des éclaircies est moyenne, les effets sont minimes, voire absents. Concernant les plantes exotiques, on ne doit pas s'attendre à une augmentation significative dans les conditions suivantes : sols pauvres en nutriments, éloignement de sources potentielles (sites connus de plantes envahissantes, zones alluviales, etc.), grands massifs forestiers avec une longue continuité du boisé.

Les connaissances actuelles permettent de dire qu'une mosaïque de taillis-sous-futaie de différentes classes d'âge peut faciliter la survie à long terme des plantes héliophiles. Une question aujourd'hui sans réponse est l'influence des dépôts atmosphérique azotés sur la biodiversité lors de la restauration des taillis-sous-futaie : cet enrichissement en azote est-il réversible ? Les plantes nitrophiles disparaîtront-elles après une phase initiale ?

8. Risques d'invasion par des espèces exotiques

Après une coupe du taillis, le risque d'envahissement par des plantes exotiques peut, dans certains cas, être considérable. Car il est connu que les perturbations (telle que les coupes forestières)

favorisent les invasions biologiques. L'ailante (*Ailanthus altissima*) et le robinier faux acacia (*Robinia pseudoacacia*) se sont par exemple installées vigoureusement suite à des incendies au Tessin. Ailleurs en Europe, ces espèces se sont installées le plus souvent après des coupes rases, le long des lisières et dans des forêts clairsemées. La remise en taillis pourrait donc favoriser l'implantation de ces espèces. Outre l'effet stimulant de la lumière et des nutriments disponibles en abondance après la coupe du taillis, l'intervention mécanique répétée favorise la régénération végétative de l'ailante et du robinier faux acacia qui, de surcroît, tolèrent très bien la sécheresse.

Dans une étude de taillis-sous-futaie, au nord de l'Italie, beaucoup plus de jeunes ailantes et robiniers étaient présents dans les surfaces ayant subi une coupe récente (<20 ans) que dans les surfaces dont la dernière coupe remonte à 31-40 ans (Radtke et al., 2013). En outre, les essences exotiques avaient plus de succès lors de la régénération que les essences indigènes. Leur proportion augmente continuellement avec la croissance des plants (figure 9).

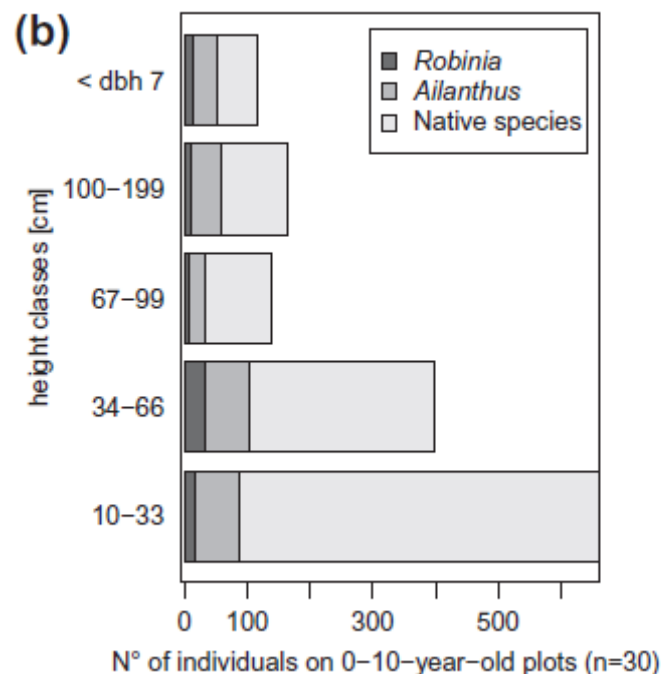


Figure 9: Les essences exotiques, l'ailante et le robinier faux acacia, ont plus de succès lors de la régénération que les essences indigènes. Leur proportion augmente continuellement. Selon Radtke et al. 2013.

Dès lors, il convient de faire très attention dans la situation suivante: présence du robinier faux acacia et de l'ailante dans le peuplement (déjà implanté en tant qu'arbre adulte) ou dans les environs (dispersion des graines >200 m pour l'ailante, jusqu'à 100 m pour le robinier). Dès qu'une coupe est réalisée, les deux espèces peuvent s'implanter très rapidement (jusqu'à >1 m de croissance annuelle depuis la graine, et jusqu'à 3 m (robinier) et 5 m (ailante) de croissance annuelle en régénération végétative). Une fois présents, ils fructifieront après très peu de temps (3-5 ans ailante et 3-6 ans robinier).

Le régime du taillis-sous-futaie a clairement contribué à l'implantation rapide des espèces exotiques au nord de l'Italie. Les deux espèces mentionnées pourraient éventuellement être supprimées par la concurrence des essences indigènes plus tard dans la succession. Les coupes rases répétées, par contre, accélèrent leur implantation par la création de sites favorables (absence de concurrence,

nutritifs abondants). Une possibilité de contenir leur invasion dans le régime des taillis, lorsqu'ils sont déjà implantés, est de prolonger le temps de rotation (>40 ans) et de laisser un relativement grand nombre de tiges de futaie.

9. Conclusions

Pour la pratique :

- La création/restauration de taillis-sous-futaie permettrait de favoriser le chêne.
- Le chêne sessile est capable de produire des rejets de souche, pour autant que son DHP ne soit pas trop grand, de préférence <30 cm.
- La coupe régulière du taillis permet d'obtenir une croissance moyenne des tiges résiduels de chêne nettement augmentée.
- Dans l'optique de la production de bois (y compris bois-énergie), le taillis-sous-futaie est à préférer au taillis, car la biomasse totale produite y est supérieure.
- Du point de vue de la protection de la biodiversité, pour les taillis-sous-futaie les recommandations suivantes sont préconisées en Allemagne (selon Güthler et al. 2005) :
 - La rotation du taillis est de 30 ans au maximum ;
 - Le recouvrement de la strate arborescente est de 40% au maximum ;
 - Quelques grosses tiges de feuillus riches en bois mort (chênes) sont maintenus longtemps ;
 - Le merisier est une bonne alternative au chêne, également du point de vue de la rentabilité économique.
- Lors de la restauration d'un taillis-sous-futaie, l'intensité des éclaircies devrait être forte (réduction de la surface terrière de >80% à environ 8.5 m²/ha), si le but est de favoriser la diversité des plantes vasculaires et des papillons diurnes.
- Une mosaïque de taillis-sous-futaies de différentes classes d'âge permet d'obtenir un effet bénéfique sur la biodiversité (plantes héliophiles) à long terme.
- Lors de la présence d'espèces exotiques envahissantes dans les environs (jusqu'à >200 m pour l'ailanthe), les fortes éclaircies sont à éviter absolument, sinon l'implantation de ces indésirables risque d'être fortement accélérée. L'intervention mécanique sur certaines exotiques stimule leur régénération végétative et accentue leur propagation.

Pour la recherche :

- Les équations de biomasse développées pour les anciens taillis en Allemagne devraient être vérifiées en Suisse.
- Etude de la réaction des plantes vasculaires à la restauration des taillis(-sous-futaie) : comment réagissent les différents groupes (plantes oligotrophes et héliophiles, plantes rudérales, plantes exotiques envahissantes, plantes nitrophiles) ?
- Etude de l'effet de l'azote (déposition atmosphérique, remise en circulation de l'azote du sol) sur la végétation : l'enrichissement en azote est-il réversible ? Les plantes nitrophiles disparaîtront-elles après une phase initiale ?

Nota bene: Le regain d'intérêt scientifique au sujet des taillis(-sous-futaie) est un domaine émergent. Le présent document, basé sur une revue bibliographique non exhaustive, synthétise quelques messages issus d'articles publiés dans des revues scientifiques internationales. Il s'agit d'un prototype susceptible d'évoluer, en fonction des besoins des praticiens et de leurs propositions. Les auteurs des articles sont tous des scientifiques. Il n'y a pas d'auteur du WSL.

Littérature:

Sur demande, les articles peuvent être obtenus auprès de R. Bütler

- Albert, K. & Ammer, C. 2012. Biomasseproduktivität ausgewählter europäischer Mittel- und Niederwaldbestände – Ergebnisse einer vergleichenden Metaanalyse. Allg. Forst- u. J-Zt., 183, 11-12 : 225-237.
- Altman, J. Hédli, R., Szabo, P., Mazurek, P., Riedl, V., Müllerova, J., Kopecky, M., Dolezal, J. 2013. Tree-Rings Mirror Management Legacy: Dramatic Response of Standard Oaks to Past Coppicing in Central Europe. PLOS ONE, Vol. 8/2: 1-11.
- Coppini, M., Hermanin, L., 2007. Restoration of selective beech coppices: A case study in the Apennines (Italy). For. Ecol. Manage. 249: 18-27.
- Fartmann, T., Müller, C., Poniatowski, D. 2013. Effects of coppicing on butterfly communities of woodlands. Biological Conservation 159: 396-404.
- Fuller, R.J. 2013. Searching for biodiversity gains through woodfuel and forest management. J. Appl. Ecol. 50: 1295-1300.
- Güthler, W., Market, R., Häusler, A., Dolek, M. 2005. Vertragsnaturschutz im Wald. Bundesweite Bestandsaufnahme und Auswertung. BfN-Skripten 146, Bundesamt für Naturschutz, Bonn, 179p.
- Haupt, R. 2012. Mittelwald – Nachhaltigkeit und Artenvielfalt. Landschaftspflege und Naturschutz in Thüringen 49/3: 91-99.
- Jansen, P. & Kuiper, L., 2004. Double green energy from traditional coppice stands in the Netherlands. Biomass & Energy 26: 401-402.
- Lassauce, A., Anselme, P., Lieutier, F., Bouget, C. 2012. Coppice-with-standards with an overmature coppice component enhance saproxylic beetle biodiversity: A case study in French deciduous forests. For. Ecol. Manage. 266: 273-285.
- Matula, R., Svatek, M., Kurova, J., Uradnisek, L., Kadavy, J., Kneifl, M. 2012. The sprouting ability of the main tree species in Central Europe coppices: implications for coppice restoration. Eur J Forest Res 131: 1501-1511.
- Radtke, A., Ambrass, S., Zerbe, S., Tonon, G., Fontana, V., Ammer, C. Traditional coppice forest management drives the invasion of *Ailanthus altissima* and *Robinia pseudoacacia* into deciduous forests. For. Ecol. Manage. 291: 308-317.
- Short, I. & Champion, J. 2014. Coppice-with-standards: An old silvicultural system with new potential? Forestry and Energy Review, 4/1: 42-44.
- Spinelli, R., Ebone, A., Gianella, M., 2014. Biomass production from traditional coppice management in northern Italy. Biomass and Bioenergy 62: 68-73.
- Suchomel, C., Pyttel, P., Becker, G., Bauhus, J. 2012. Biomass equations for sessile oak (*Quercus petraea*) and hornbeam (*Carpinus betulus* L.) in aged coppiced forests in southwest Germany. Biomass and Bioenergy 46: 722-730.
- Van Calster, H., Chevalier, R., Van Wyngene, B., Archaux, F., Verheyen, K., Hermy, M. 2008. Long-term seed bank dynamics in a temperate forest under conversion from coppice-with-standards to high forest management. Appl. Veg. Sc. 11: 251-260.
- Vild, O., Rolecek, J., Hédli, R., Kopecky, M., Utinek, D. 2013. Experimental restoration of coppice-with-standards: Response of understorey vegetation from the conservation perspective. For Ecol Manage. 310: 234-241.