

Dynamique de la forêt alluviale dans la réserve naturelle du Taubergiessen

par Richard HAUSCHILD*

1. INTRODUCTION

Les régions alluviales sont des zones tout à fait propices à l'étude des forêts naturelles. La mosaïque de petites unités stationnelles, combinée aux différentes interventions sylvicoles, conduit à la formation de peuplements dynamiques et très diversifiés, tant du point de vue de la composition que des structures horizontales et verticales. L'analyse de tous les paramètres à la base de l'état de ces forêts et influençant leur évolution requiert des observations fines sur le long terme. Grâce aux travaux mis en place par le département d'écologie végétale du centre de recherche forestière du Bade-Wurtemberg¹ qui, depuis plus de vingt ans, coordonne les recherches dans la plaine alluviale rhénane, il est désormais possible de fournir des résultats relativement précis concernant la dynamique de ces peuplements.

En Allemagne, la forêt du Taubergiessen et, immédiatement au sud, celle de Weisweil ainsi qu'en France, sur l'autre rive, les forêts de l'île de Rhinau, de Mackenheim et le massif de Daubensand, appartiennent aux régions alluviales les plus étudiées en Europe. Il existe de nombreux travaux concernant (liste incomplète): l'histoire de ces forêts (Krause 1974; Bücking et Reinhardt 1985; Durand 1998 A et B, 2000; Volk 2000), l'étude des stations (Michiels et Aldinger 2002), l'hydrologie (Sanchez-Peres 1992; Trémolière 1991), la végétation (Lohmeyer et Trautmann 1974; Müller 1974; Lange et Rheinhardt 1988; Ostermann 2004), la dynamique forestière (Carbiener 1988; Schnitzler 1988 ; Bücking 1989), la régénération (Deiller et al. 2001), la sylviculture (Lauterwasser et Hauck 1987), l'ornithologie (Hohfeld et Ullrich, 2002), l'évolution du paysage (Hügin et Henrichfreise 1992), l'interprétation de photos aériennes (Pisoke 2000) ainsi que de nombreux mémoires de fin d'étude, rapports de stage, guides d'excursion ou expertises. L'analyse de tous ces résultats représenterait à elle seule un projet d'étude.

* Forstliche Versuch- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Abteilung Waldökologie, Wonnhalde 4, D - 79100 FREIBURG
courriel : richard.hauschild@forst.bwl.de
Traduction du texte en français : Vincent MISSLIN

¹ Abteilung Waldökologie der Forstlichen Versuch- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg

L'étude présentée ici, concernant la dynamique forestière dans la réserve du Taubergiessen, fait partie du projet INTERREG «Conservation de la richesse écologique des forêts alluviales rhénanes», qui a été mis en place depuis début 2002, en collaboration avec l'Office National des Forêts (www.fva-bw.de / Interregprojekt). Si l'on souhaite conserver aux forêts alluviales leur richesse spécifique et structurelle, il faut également comprendre les processus de formation des structures actuelles ainsi que les conditions stationnelles permettant au mieux le développement de telles ou telles espèces arborées ou herbacées.

2. PROBLÉMATIQUE

L'évolution naturelle des forêts sera étudiée dans la réserve forestière intégrale du Taubergiessen où la chasse, à côté du tourisme et de la recherche scientifique, reste la seule activité humaine autorisée. Les processus dynamiques de l'évolution forestière peuvent donc y être directement mis en relation avec les principales caractéristiques stationnelles influençant la composition du peuplement.

La déclaration de création de la réserve forestière dirigée² du Taubergiessen (19.12.1986) encourage le maintien et le développement des peuplements dits «proches de la nature» et écologiquement intéressants, composés de chêne pédonculé, de frêne, d'aulne blanc, d'aulne glutineux, d'orme champêtre et d'orme de montagne. De plus, des îlots de taillis ou bien de peuplements ayant des structures proches de celles des taillis, composés le plus souvent de chêne pédonculé, doivent être conservés. En outre, la directive relative aux réserves forestières dirigées prévoit également le maintien de rares espèces comme l'érable champêtre ou les fruitiers sauvages. Des inventaires dans les sites d'études des réserves forestières dirigées devraient permettre de vérifier l'efficacité de la mise en pratique sur le terrain de ces principes.

Les premiers inventaires dans les réserves forestières intégrales et dirigées du Taubergiessen s'étalent sur la période de 1984 à 1988 (chapitre 4 : «Matériel et méthode»). À partir des résultats de ce premier inventaire, un schéma décrivant l'évolution probable de ces peuplements avait été élaboré (Bücking 1989). Le deuxième inventaire de 2002/2003 permet à présent de vérifier l'exactitude de ce schéma d'évolution.

Grâce à l'élaboration de scénarios d'évolution des forêts et à la définition de la composition forestière naturelle en fonction de la station, on a pu décrire les peuplements objectifs des zones alluviales du Rhin canalisé (partie du Rhin supérieur aménagé en festons entre Breisach et Iffezheim).

² Réserve forestière dirigée : les interventions sylvicoles y sont réglementées

3. SITE D'ÉTUDE

Le site d'étude du Taubergiessen se trouve dans la plaine du Rhin supérieur, à 30km au sud de Strasbourg, et environ 15 km à l'ouest des premières collines du Schwarzwald. Le site est réparti sur les régions du Rhin supérieur Centre et Sud.

La réserve forestière intégrale du Taubergiessen a été créée en 1986 (19.12.1986). Elle est divisée en 5 parties qui représentent une surface totale de 195,6 ha (fig. 1) et qui sont toutes situées dans la zone inondable du Rhin canalisé. Sur l'ensemble de ces 5 parties, 150 placettes circulaires, 7 transects et 12 placettes carrées permanentes de différentes tailles (0,25 à 0,9 ha) furent inventoriées une première fois entre 1984 et 1986 (Lange u. Reinhardt 1988).

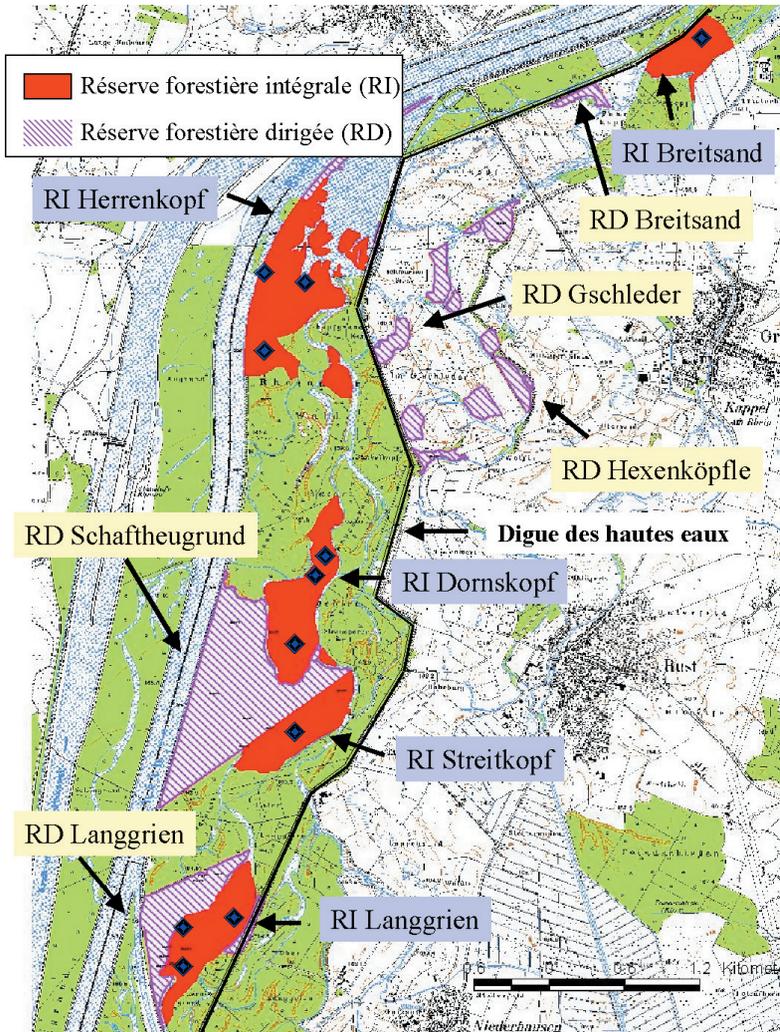


Figure 1: Zone d'étude du Taubergiessen. 11 placettes permanentes carrées dans la réserve forestière intégrale (5,725 ha) et 11 placettes dans la réserve forestière dirigée (5,1 ha).

La commune française de Rhinau est, en surface, le propriétaire le plus important dans la réserve du Taubergiessen. Elle possède 58% (113,6 ha) de la réserve forestière intégrale (Dornskopf, Herrenkopf) et 69,6% (123,5 ha) de la réserve forestière dirigée (Schaftheugrund, Gschleder).

La réserve forestière dirigée du Taubergiessen couvre une surface de 177,3 ha. Si certaines parties sont situées dans l'ancienne plaine alluviale à l'est des digues de hautes eaux, la part la plus importante de la réserve dirigée se trouve à l'ouest des digues, et fait donc partie de la plaine alluviale inondable (fig. 1).

Dans la réserve forestière dirigée du Taubergiessen, 11 placettes permanentes carrées, de différentes tailles (0,25 – 0,8 ha), ont été installées. Au cours du premier inventaire, elles ont été décrites et cartographiées selon la même méthode que celle utilisée dans la réserve forestière intégrale. Sur les placettes carrées permanentes des parties sud et moyenne du Taubergiessen, les caractéristiques stationnelles et celles des peuplements sont comparables dans la réserve intégrale et dans la réserve dirigée. Ceci permet donc d'étudier l'influence de l'exploitation ou de son absence sur des surfaces géographiquement proches. Dans la partie nord du Taubergiessen, les placettes carrées permanentes de la réserve dirigée se trouvent sur des stations fraîches à très humides de l'ancienne plaine alluviale. Par contre, de telles stations ne se retrouvent pas dans la réserve intégrale ce qui interdit toute comparaison directe. Toutefois, les parties concernées de la réserve forestière dirigée (Gschleder, Hexenköpfe, Sauköpfe) étant exploitées de manière très extensive, on pourra tout de même avoir une idée de l'évolution des peuplements sur ce type de station, en l'absence d'intervention (FE³ 1988).

3.1. CONDITIONS STATIONNELLES

Le site d'étude est réparti sur les parties inondables et non-inondables de la plaine alluviale du Rhin canalisé, dans la région forestière de la basse terrasse du Rhin supérieur (1/03 α). L'altitude est comprise entre 166 m et 156m. Le climat y est subcontinental, la température moyenne annuelle de 9,9°C et les précipitations annuelles de 700 mm (REKLIP 1995).

Le site du Taubergiessen est réparti sur deux unités écologiques différentes : à l'Ouest des digues de hautes eaux, la zone inondable du Rhin canalisé, et à l'Est, l'ancienne plaine alluviale (Michiels et Aldinger 2000). Les stations sur cette dernière ne seront différenciées que suivant la hauteur de la nappe et suivant le substrat. On retrouve également des stations caractéristiques de l'ancienne plaine alluviale à l'ouest des digues de hautes eaux, quand les crues n'y exercent plus directement leur influence. Toutefois, la majorité de la zone d'étude se situe dans la plaine alluviale inondable du Rhin canalisé. Cette partie, quant à elle, sera divisée en plusieurs niveaux de forêts alluviales suivant la durée des inondations durant la période de végétation (Michiels et Aldinger 2002) (tab. 1). Ce sont les deux niveaux de forêts alluviales à bois dur les plus élevés qui représentent la part la plus importante de la zone d'étude (GWD 2004). C'est-à-dire qu'en moyenne, la durée des inondations n'y excède pas

³ Forsteinrichtungswerke = document d'aménagement

1 à 2 jours par an. La plus grande partie des forêts du Taubergiessen n'est donc pas régulièrement inondée, elle l'est uniquement lors de crues exceptionnelles comme ce fut le cas en 1999.

Le matériau d'origine du substrat est composé de sédiments riches en carbonates, issus des Alpes calcaires du Nord. Les différents types de sols présents sont de jeunes sols alluviaux peu évolués (fluviosol alluvial, rendosol alluvial, fluviosol gleyfié ; Bücking 1987), qui sont très filtrants, riches en bases et qui présentent sur l'ensemble du profil pédologique, du calcaire libre.

Les stations forestières actuelles du Taubergiessen ont une histoire relativement récente puisqu'elle débute il y a environ 130 ans (Krause 1974; Bücking et Reinhardt 1985; Volk 2000). Les grandes interventions ayant profondément modifié le Rhin sont la correction de Tulla à partir de 1852, qui provoqua la création de nombreuses stations actuelles, et les aménagements hydrauliques de 1963. Les conséquences de la construction de ces aménagements en festons de 1963 sont une disparition des inondations régulières et une diminution de la hauteur moyenne de la nappe phréatique. Il en résulte d'une part, la formation de stations constamment sous influence de la nappe en amont des barrages le long du Rhin canalisé (zone du Herrenkopf), et d'autre part la formation de stations où, de tout l'année, les systèmes racinaires ne sont plus en connexion avec la nappe (Ostermann 2004). Dans ce contexte particulier peuvent intervenir des processus pédogénétiques comme la décarbonatation et la brunification, qui conduiront rapidement à de nouvelles modifications des stations.

Pour étudier l'influence, sur la végétation, des modifications stationnelles qui ont eut lieu jusqu'à présent, une deuxième cartographie (Breisach, Weisweil ; FVA 2004) a été réalisée avec la typologie des stations de 1974 (FVA 1974) légèrement modifiée. Lors du deuxième inventaire, la station a été décrite sur chaque placette carrée permanente du Taubergiessen. Ceci a permis de comparer les conditions actuelles : station, régime hydrique et classe de forêt alluviale, avec celles relevées lors des inventaires précédents (tableau 2).

Tableau 1: Niveaux alluviaux et nombre de jours d'inondation moyen correspondants, le long du Rhin supérieur canalisé

(tiré de: Michiels et Aldinger, 2002)

	Durée moyenne d'inondation par an	Différenciation au sein de chaque niveau suivant: hauteur de la nappe et texture
Niveau inférieur de forêt alluviale à bois dur	5 - 25 jours (Inondation importante)	
Niveau moyen de forêt alluviale à bois dur	2 - 5 jours (Inondation moyenne)	
Niveau élevé de forêt alluviale à bois dur	1 - 2 jours (Inondation faible)	
Niveau supérieur de forêt alluviale à bois dur	< 1 jour (max. 5 jours) (Inondation faible)	
Ancienne plaine alluviale	Absence d'inondation	

Tableau 2 : Caractéristiques stationnelles des placettes carrées permanentes, dans les réserves forestières intégrales et dirigées du Taubergsieden, lors du premier et du second inventaire.

N° Placette	Nom de la section.	TAILLE (ha)	Niveau de forêt à alluviale		Gradient hydrique		Essences du peuplement mature en station	
			Premier inventaire 1986 (EVA 1974)	Deuxième inventaire 2003 (Administration des sauv. 2004)	Premier inventaire 1986 (EVA 1974)	Deuxième inventaire 2003	Premier inventaire 1986 (EVA 1974)	Deuxième inventaire 2003 (EVA 2004)
1	Breitsand	0,7	Niveau inférieur de forêt all. à bois dur	Ancienne plaine alluviale	sec	Chêne-ormaie	forêt de Hêtres, de Charmes, de Tilleul à petites feuilles.	
2	Herrenkopf	0,5	Forêt alluviale à sautes et à peuplier	Niveau moyen de forêt all. à bois dur	humide	forêt de Saule blanc, vers la Frénate-ormaie	Frénate	
3	Herrenkopf	0,5	Forêt alluviale à sautes et à peuplier	Niveau moyen de forêt all. à bois dur	humide	forêt de Saule blanc, vers la Frénate-ormaie	Frénate	
4	Herrenkopf	0,25	Forêt alluviale à sautes et à peuplier	Niveau inférieur de forêt all. à bois dur	humide / très humide	forêt de Saule blanc, vers la Frénate-ormaie	Chêne-ormaie	
5	Dornslopf, Nord	0,25	Forêt alluviale à sautes et à peuplier	Niveau moyen de forêt all. à bois dur	humide / très humide	forêt de Saule blanc, vers la Frénate-ormaie	Chêne-ormaie	
6	Dornslopf, Nord	0,25	Forêt alluviale à sautes et à peuplier	Niveau moyen de forêt all. à bois dur	très frais	forêt de Saule blanc, vers la Frénate-ormaie	Frénate	
7	Dornslopf, Nord	0,625	Niveau élevé de forêt alluviale à bois dur	Niveau moyen de forêt all. à bois dur	sec à assez frais	Chêne-ormaie	Frénate	
8	Dornslopf, Sud	0,5	Niveau inférieur de forêt all. à bois dur	Niveau élevé de forêt all. à bois dur	frais	Frénate-ormaie	forêt de Frêne et d'Érable sycamore	
9	Streitkopf	0,5	Niveau inférieur de forêt all. à bois dur	Niveau élevé de forêt all. à bois dur	assez frais	Frénate-ormaie	forêt de Frêne, d'Érable sycamore et de Charme	
10	Langgrien	0,25	Niveau élevé de forêt alluviale à bois dur	Niveau élevé de forêt all. à bois dur	sec	Chêne- charme	forêt de Frêne, d'Érable sycamore et de Charme	
11	Langgrien	0,9	Niveau élevé de forêt alluviale à bois dur	Niveau élevé de forêt all. à bois dur	sec à très sec	Chêne- charme	forêt de Frêne, d'Érable sycamore et de Charme	
12	Langgrien	0,5	Niveau élevé de forêt alluviale à bois dur	Niveau élevé de forêt all. à bois dur	très sec	Chêne- charme	forêt de Frêne, d'Érable sycamore et de Charme	
1	Breitsand	0,6	Niveau inférieur de forêt all. à bois dur	Ancienne plaine alluviale	assez à très frais	Chêne-ormaie	forêt de Frêne et d'Érable sycamore	
2	Saukopf	0,5	Forêt alluviale à sautes et à peuplier	Ancienne plaine alluviale	humide à très humide	forêt de Saule blanc, vers la Frénate-ormaie	forêt de Frêne, d'Érable sycamore et de Charme	
3	Cschleder	0,25	Forêt alluviale à sautes et à peuplier	Ancienne plaine alluviale	humide à très humide	forêt de Saule blanc, vers la Frénate-ormaie	forêt de Hêtres, de Charmes, de Tilleul à petites feuilles.	
4	Schaffheugrund	0,4	Forêt alluviale à forêt all. à bois dur	Niveau inférieur de forêt all. à bois dur	humide / très humide	forêt de Saule blanc, vers la Frénate-ormaie	Chêne-ormaie	
5	Schaffheugrund	0,25	Niveau inférieur de forêt all. à bois dur	Niveau moyen de forêt all. à bois dur	humide à très humide	Frénate-ormaie	Frénate	
6	Schaffheugrund	0,8	Niveau élevé de forêt alluviale à bois dur	Niveau élevé de forêt all. à bois dur	sec à assez frais	Chêne- charme	forêt de Frêne, d'Érable sycamore et de Charme	
7	Schaffheugrund	0,5	Niveau élevé de forêt alluviale à bois dur	Niveau élevé de forêt all. à bois dur	assez frais	Chêne- charme	forêt de Frêne, d'Érable sycamore et de Charme	
8	Schaffheugrund	0,6	Niveau élevé de forêt alluviale à bois dur	Niveau élevé de forêt all. à bois dur	assez frais	Chêne- charme	forêt de Frêne, d'Érable sycamore et de Charme	
9	Langgrien	0,5	Niveau élevé de forêt alluviale à bois dur	Niveau élevé de forêt all. à bois dur	très sec	Chêne- charme	forêt de Frêne, d'Érable sycamore et de Charme	
10	Hausgrund	0,5	Niveau inférieur de forêt all. à bois dur	Niveau moyen de forêt all. à bois dur	sec à assez frais	Chêne- charme	Frénate	
11	Hausgrund	0,25	Niveau élevé de forêt alluviale à bois dur	Niveau moyen de forêt all. à bois dur	sec à assez frais	Chêne- charme	Frénate	

Réserve forestière intégrale

Réserve forestière dirigée

Le tableau 2 décrit la station observée sur chaque placette permanente. La définition actuelle des niveaux de forêts alluviales tient compte des modifications des caractéristiques des crues depuis la construction des barrages en 1963 (tab. 1). La nouvelle nomenclature des forêts climaciques intègre d'une part les résultats actuels relatifs au phénomène de succession végétale et d'autre part, les connaissances concernant la nécessité d'adéquation entre essences et station.

Certaines modifications ont également été apportées à la définition des classes du gradient hydrique. Lors du deuxième inventaire, les stations de l'ancienne plaine alluviale auront plutôt tendance à être jugées plus xériques et à perdre ainsi, de une à deux classes d'humidité par rapport au premier inventaire. Cependant, la majorité des placettes carrées permanentes conservent un niveau hydrique très proche voir souvent identique à celui de la cartographie de 1974. Ainsi, le changement d'appellation de la forêt climacique sur une même placette, peut être attribué sans ambiguïté à la modification du régime des crues. Au-delà, des changements dans la manière de concevoir l'évolution des forêts alluviales jouent également un rôle. Lohmeyer et Trautmann ont pronostiqué dans leurs travaux (1974) un assèchement et une disparition des forêts sur d'importantes surfaces du Taubergiessen. Le point de vue de l'époque était que le chêne pédonculé, le charme et le tilleul à petites feuilles allaient s'installer et composer le futur peuplement. Au contraire, les inventaires floristiques des années 70 et 80 (Lohmeyer et Trautmann 1974; Lange et Reinhardt 1988) montrèrent à travers la régénération naturelle présente, que les chênaie-ormaies évoluaient en forêts de feuillus précieus, et que les peuplements composés d'arbres au bois tendre disparaissaient par manque de régénération (justification dans : Ostermann 2004, chap. 8). C'est ainsi qu'en plus des conditions stationnelles, la définition d'associations d'essences forestières suivant Ostermann (2004) se base principalement sur la dynamique de la régénération des essences et non sur leur dominance dans la strate arborée.

4. MATÉRIEL ET MÉTHODE

Le deuxième inventaire en 2002/2003, des 22 placettes carrées permanentes d'une surface totale de 10,8 ha dans les réserves forestières intégrale et dirigée du Taubergiessen, ainsi que la comparaison des résultats avec le premier inventaire servent de base à la présente étude. Le choix de l'emplacement des placettes permanentes a été dicté par un souci de représentativité des stations et des peuplements. Seule une placette permanente, à Dornskopf dans le nord de la réserve forestière intégrale, n'a pu être retrouvée lors du second inventaire.

Lors du premier inventaire, chaque placette carrée permanente avait été divisée en plusieurs bandes de 10 x 50 m à l'intérieur desquelles, un repérage au cm près de chaque ligneux vivant ainsi que du bois mort sur pied ou au sol avait été réalisé. La ligne médiane de chaque bande constituait l'axe des abscisses et les ordonnées étaient définies 5 m à droite et 5 m à gauche de celle-ci (fig. 2). Les classes de diamètre allaient de 4 cm en 4cm et les

paramètres suivants avaient été relevés : essence, hauteur, strate, vitalité, bris de cime, arbre mort penché et pourcentage de houppier. Une phase supplémentaire avait été consacrée au relevé de la projection horizontale du houppier, grâce à 6 ou 8 points dont on avait noté l'éloignement au tronc et l'azimut et qui matérialisaient, au sol, la projection du bord du houppier.

La méthode utilisée durant le deuxième inventaire a été développée conjointement avec les collègues forestiers français. L'Office National des Forêt a installé un réseau de 50 placettes permanentes de 0,25 ha chacune entre Markolsheim au Sud, et Rhinau au Nord. Elles ont été inventoriées pour la première fois en 2003 et 2004. Cette méthode commune délimite dans chaque placette carrée permanente des sous-unités de 10 x 25 m (fig. 3). L'ensemble des paramètres sont relevés au niveau de ces sous-unités. Les arbres et les arbustes ne sont plus repérés de manière exacte car le temps nécessaire à la mesure et à l'exploitation des données a

été jugé trop important. Pour les mêmes raisons, on ne réalise plus la mesure de la surface de la projection horizontale du houppier. La hauteur est estimée en catégorie de hauteur de 5 m, ce qui peut conduire à des différences importantes suivant la personne qui réalise l'inventaire. Les diamètres sont répartis en catégories de 7 cm. De plus, les paramètres suivants sont relevés : franc-pied, rejet, fourche, qualité du fût sur les 5 premiers mètres quand $D_{1,30} > 28$ cm, possibilité pour l'arbre d'être désigné comme arbre objectif et présence de Lierre ou de Clématite vigne blanche dans le houppier. De plus, on relève au centre de la placette le nombre de semis sur 10 m², on décrit également les strates herbacées et arbustives dans un rayon de 5m et enfin, on définit, grâce à un sondage à la tarière, le type de sol ainsi que la hauteur de la nappe.

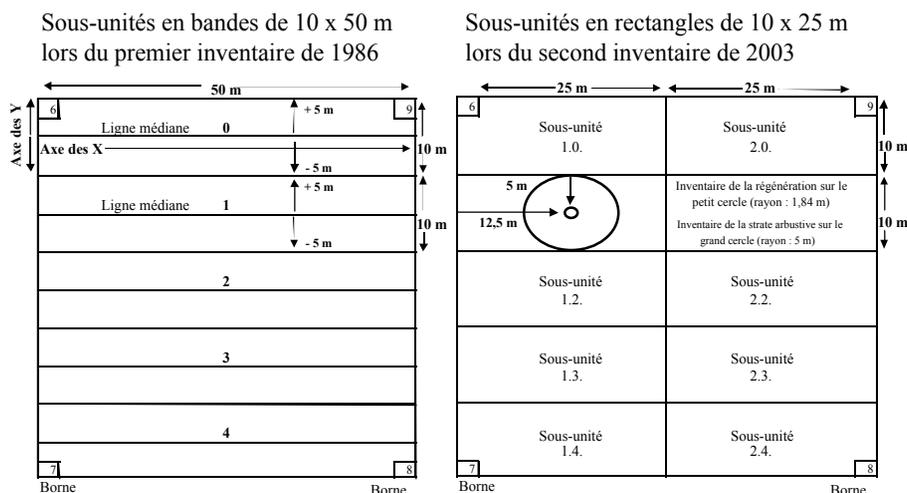


Figure 2: Sous-unités des placettes carrées permanentes lors du premier et du second inventaire: exemple de la réserve forestière intégrale du Herrenkopf, placette permanente n° 4 (0,25 ha).

Dans le cadre du projet INTERREG, une banque de données commune d'environ 950 sous-unités sera utilisée. En outre, les données issues du premier inventaire du Taubergiessen pourront être comparées avec celles relevées sur les sous-unités de 10 x 25 m du second inventaire.

5. RÉSULTATS

5.1. RÉSULTATS SUR L'ENSEMBLE DES NIVEAUX DE FORÊTS ALLUVIALES

5.1.1. ÉVOLUTION DE LA SURFACE TERRIÈRE DANS LE STREITKOPF

L'évolution de la station et des peuplements dans l'actuelle partie de la réserve forestière intégrale du Streitkopf est largement documentée et représente bien l'évolution générale des forêts du Taubergiessen ces 150 dernières années (Volk 2000 ; Girardot 2004). L'analyse des documents d'aménagement de 1857 à 1978 concernant le Streitkopf démontre clairement l'influence de la sylviculture sur la composition et la structure des peuplements, en fonction de la situation économique et politique (Girardot 2004). Sur la base de l'inventaire en plein de 1948 (FE 1948) et des inventaires de la réserve intégrale du Streitkopf en 1986 et 2003 (FGA 1986, 2003), l'évolution de la forêt ces 50 dernières années a pu être récapitulée (fig. 3).

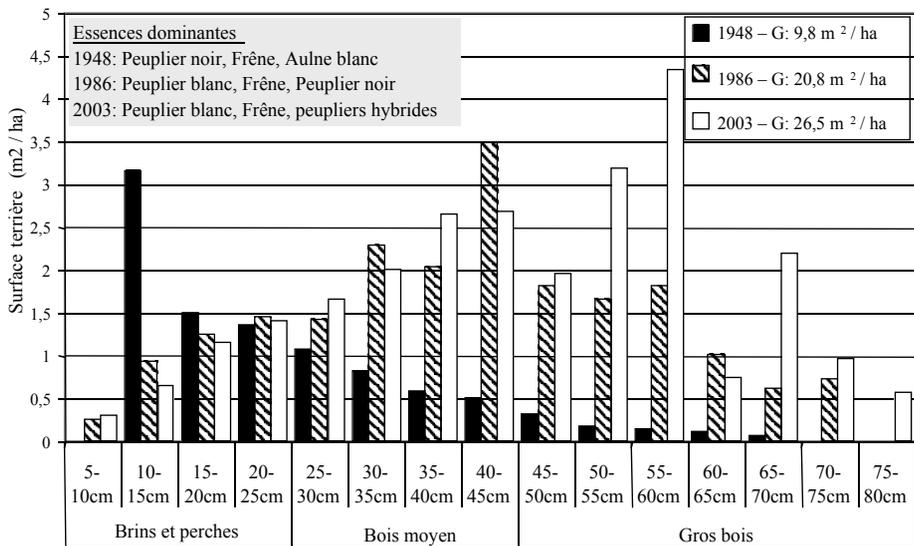


Figure 3: Évolution de la surface terrière entre 1948 et 2003 dans la section 4 du Streitkopf, dans la réserve forestière intégrale du Taubergiessen (tiré de Girardot 2004)

Le peuplement de 1948 est encore influencé par la sylviculture en taillis et par l'exploitation des fascines qui était déjà décrite en 1857 (FE 1857). La surface terrière en 1948, de l'ordre de 10 m² / ha, est encore relativement faible, et les essences principales que sont le peuplier noir et l'aulne blanc proviennent majoritairement de rejets de souches. Ces deux essences sont, dès 1857,

destinées à produire de fascines, et ce jusqu'en 1937 (FE 1937). De la répartition des classes de diamètre en 1948, on peut déduire que l'aune blanc comme le peuplier noir étaient les plus abondants dans les classes 10-25 cm. Le frêne a été favorisé à partir de 1892 (FE 1892), mais sa croissance était si dynamique qu'il fut considéré dès 1926 comme une essence à contenir (FE 1926).

Après la seconde guerre mondiale, le besoin important en peuplements productifs et à fort volume sur pied poussa les forestiers à transformer, dans les années 50, les taillis pauvres du Streitkopf en futaies, grâce à d'intensives plantations. On relève des densités de l'ordre de 10 000 plants / ha (FE 1957). En 1986, environ 40 ans après l'inventaire en plein de 1948, le peuplement s'est profondément modifié. La surface terrière a doublé pour passer à 21m² / ha. Les classes de diamètre dominants sont les 30-50 cm. L'aune blanc a été sensiblement influencé par l'augmentation de la surface terrière et par la fermeture du couvert qui s'en est suivie, à tel point qu'il n'appartient plus, à partir de cette date, aux essences dominantes. La présence du peuplier blanc dans la strate arbustive a été relevée en 1902 (FE 1902), mais aucun travail au profit de ce dernier ou de plantations n'est signalé. Ceci laisse supposer que le peuplier blanc a été conservé lors du développement de la populeculture, raison pour laquelle il domine, en surface terrière, à partir de 1986. Le peuplier blanc possède, en comparaison avec les autres essences, la croissance la plus importante. De plus, comme l'érable sycomore, le frêne et l'orme champêtre, sa régénération est très dynamique dans la plaine alluviale du Rhin.

Les peupliers cultivés comme le peuplier d'Italie, étaient certes déjà plantés en 1857 (FE 1857), mais leur culture s'intensifia dans les années 50. C'est pourquoi ils font partie, d'après le dernier inventaire (FGA 2003), des trois essences les plus importantes en surface terrière (ill. 3) qu'ils ont contribué à faire passer à 26,5 m² / ha.

Il est surprenant de constater que 40 ans après, et malgré les différents objectifs sylvicoles, le Frêne conserve sa deuxième place des essences les plus importantes en surface terrière. Pour celui-ci, le diamètre de l'arbre de surface terrière moyenne n'a augmenté que de 5 cm pour passer de 23 à 28 cm (Girardot 2004). Cela signifie que la dominance du frêne s'explique principalement par la vigueur de sa régénération qui a donc tendance à limiter l'augmentation de la surface terrière. En revanche, pour le chêne pédonculé, le diamètre de l'arbre de surface terrière moyenne a augmenté de plus de 20 cm durant les 40 dernières années. Comme tous les chênes pédonculés se retrouvent dans les classes de diamètres les plus importants et qu'aucune régénération n'est présente, on peut prévoir une disparition de cette espèce.

5.1.2. COMPARAISON ENTRE LES RÉSERVES FORESTIÈRES INTÉGRALES ET DIRIGÉES

Sur l'ensemble des placettes carrée permanentes, on a pu constater la présence de 39 espèces ligneuses dans la réserve forestière intégrale et de 46 espèces ligneuses dans la réserve forestière dirigée (tab. 3). Le nombre plus important de ligneux dans la réserve dirigée est dû à la présence d'essences pionnières qui ont profité des différentes interventions sylvicoles et de l'apport de lumière pour s'installer. Une comparaison sur l'ensemble des classes de forêts alluviales, fait apparaître pour la réserve forestière intégrale une nette

diminution du nombre d'individus par hectare (fig. 4). C'est clairement le cas pour les essences de lumière et pour les essences pionnières (saules, peupliers, chênes), dont le nombre d'individus à l'hectare diminue fortement voire devient nul (par exemple, saule des vanniers, érable champêtre, pommier sauvage). Dans la réserve forestière dirigée, la tendance est analogue mais la diminution du nombre d'individus n'est pas aussi accentuée que dans la réserve intégrale car de nombreuses espèces sont favorisées par les interventions sylvicoles. L'exemple le plus frappant est celui de l'aulne blanc qui, en poursuivant sur sa lancée, aura disparu de la réserve forestière intégrale d'ici 10 à 20 ans, alors qu'au contraire, le nombre d'individus a augmenté par rapport au premier inventaire, dans la réserve dirigée et plus particulièrement dans la partie où l'on a traité le peuplement en taillis sous futaie (par exemple, la réserve forestière dirigée du Breitsand). En ce qui concerne le nombre d'essences différentes, on peut noter que de la même façon, il augmente dans la réserve dirigée et diminue dans la réserve intégrale.

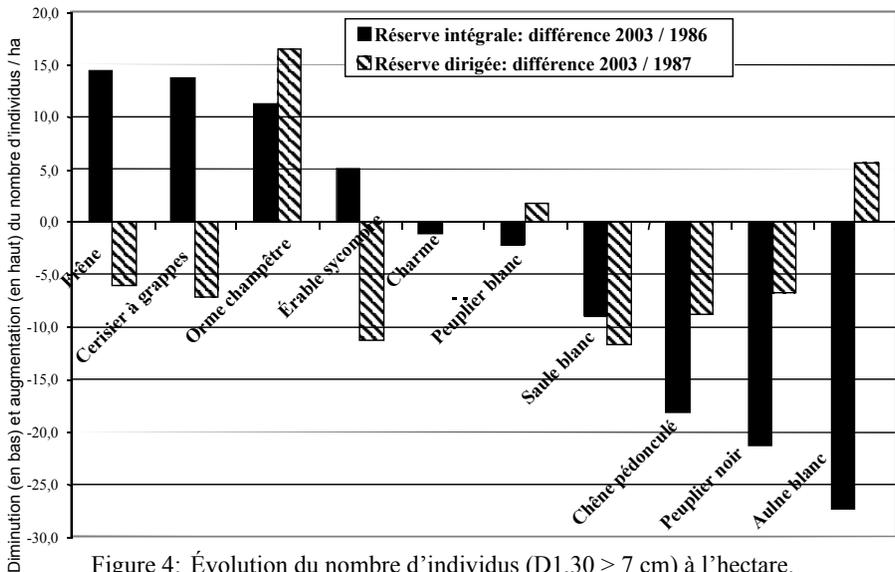


Figure 4: Évolution du nombre d'individus (D1,30 > 7 cm) à l'hectare.

Comparaison des réserves forestières intégrale et dirigée du Taubergiessen .

Premier inventaire dans la réserve intégrale 1986 :
 25 essences, 439 ind. / ha;
Second inventaire dans la réserve intégrale 2003 :
 21 essences, 370 ind. / ha;
 Ont disparu: Pommier sauvage, Érable champêtre,
 Saule des vanniers, saules.

Premier inventaire dans la réserve dirigée 1987 :
 21 essences, 377 ind. / ha;
Second inventaire dans la réserve dirigée 2003 :
 23 essences, 333 Ind. / ha;
 Ont disparu: Saule des vanniers,
 Sont apparus: Merisier, Saule marsault

Les plantations et les différentes mesures de gestion sont ainsi non seulement responsables de la composition actuelle des peuplements (chap. 5.1.1.), mais également nécessaires à la conservation d'un nombre élevé d'espèces.

Tableau 3: Espèces ligneuses observées dans les placettes carrées permanentes des réserves forestières intégrales et dirigées.

Arbres	arbustes
Acer campestre	Berberis vulgaris
Acer platanoides	Cornus mas**
Acer pseudoplatanus	Cornus sanguinea
Alnus glutinosa	Corylus avellana
Alnus incana	Crataegus monogyna
Betula pendula	Evonymus europaea
Carpinus betulus	Frangula alnus
Fagus sylvatica	Ligustrum vulgare
Fraxinus excelsior	Lonicera xylosteum
Juglans regia	Prunus spinosa
Populus alba	Rhamnus cathartica
Populus nigra	Ribes rubrum
Populus tremula**	Rubus caesius
Populus x hybrid	Rubus fruticosus **
Prunus avium	Salix cinerea **
Prunus padus	Salix purpurea **
Pyrus pyraister **	Sambucus nigra
Quercus robur	Viburnum lantana
Robinia pseudoacacia	Viburnum opulus
Salix alba	
Salix caprea **	
Tilia cordata	Lianes (ligneuses)
Ulmus glabra *	Clematis vitalba
Ulmus laevis	Hedera helix
Ulmus minor	Solanum dulcamare **

Nombre d'espèces ligneuses
dans la réserve intégrale: 39

Nombre d'espèces ligneuses
dans la réserve dirigée: 46

* présent uniquement sur les placettes
de la réserve intégrale

** présent uniquement sur les placettes
de la réserve dirigée

L'évolution naturelle de la composition des peuplements dans la réserve forestière intégrale tend vers une forêt de frênes et d'érables sycomores, avec du cerisier à grappes et de l'orme champêtre (voir également Michiels 2000, Deiller et al. 2001, Ostermann 2004). Lors du deuxième inventaire, on a pu constater que le nombre d'individus de ces essences a eu tendance à diminuer dans la réserve dirigée. Elles ont été récoltées puis dominées par les essences capables de rejeter de souche (peupliers, saules, aulne blanc, chêne pédonculé). L'orme champêtre constitue cependant une exception car le nombre d'individus de cette essence a augmenté dans la réserve intégrale comme dans la réserve dirigée. Elle se régénère encore dans des peuplements relativement fermés et peut rester longtemps à l'état de perche dans les strates moyennes et inférieures des forêts alluviales rhénanes.

Entre le premier et le second inventaire, la valeur moyenne de la surface terrière n'a que peu évolué dans la réserve forestières intégrale. Seule l'écart type est passé de 4 à 6. Les variations de surfaces terrières entre les différentes placettes carrées permanentes sont donc devenues plus importantes. La première raison est une forte diminution de la surface terrière due à la tempête (sur une seule

placette permanente) et la deuxième, une forte augmentation de la surface terrière sur des stations très productives (sur deux placettes permanentes). Avec la composition actuelle, la surface terrière atteint ainsi en moyenne la valeur de 20 m² à l'hectare (fig. 5). L'augmentation et la diminution de la surface terrière de toutes les essences se compensent quasiment et font à nouveau apparaître une modification de la composition des peuplements. L'augmentation de la surface terrière du frêne, du charme et de l'érable sycomore indique une évolution vers des peuplements de maturité, loin des essences pionnières des forêts alluviales. Les deux essences autochtones de peupliers connaissent une évolution totalement opposée de leur surface terrière dans la réserve forestière intégrale. Pendant que le peuplier noir disparaît quasiment de toute la réserve intégrale, la surface terrière du peuplier blanc augmente. Cette essence pionnière possède une bonne vitalité vis-à-vis des autres essences, et sur les stations assez humides à humides dans les niveaux de forêts alluviales inférieurs et moyens (chapitre 5.2.1.), la surface terrière peut atteindre plus de 30 m² à l'hectare (fig. 10).

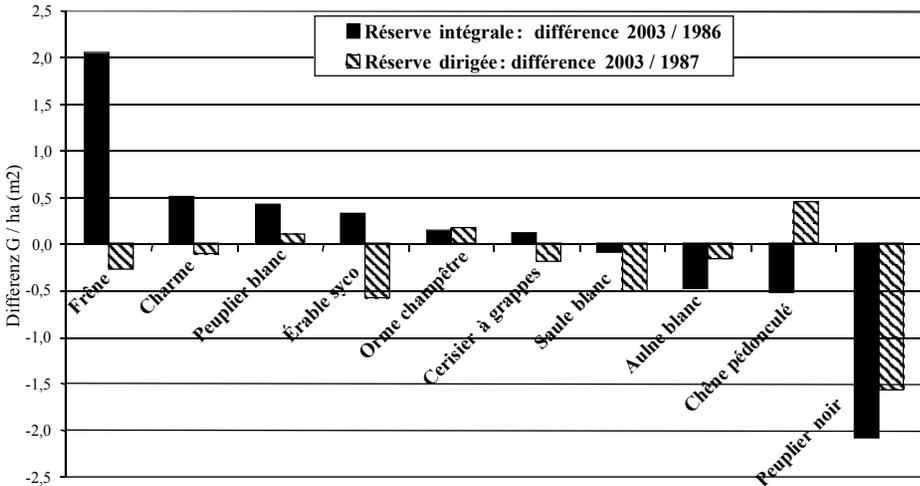


Figure 5: Évolution de la surface terrière (G) dans les réserves forestières intégrale et dirigée du Taubergiessen .

	Réserve forestière intégrale	Réserve forestière dirigée
Premier inventaire	(1986) G = 20,9 m ² / ha	(1987) G = 21,2 m ² / ha
Second inventaire	(2003) G = 20,0 m ² / ha	(2003) G = 17,7 m ² / ha

La diminution de la surface terrière dans la réserve forestière dirigée par rapport au premier inventaire, s'explique par l'exploitation des bois dans cette partie. La tempête n'a pas eu de conséquences dans les placettes permanentes car seules la partie Nord du Dornskopf et une partie du Hausgrund (forêt communale de Rheinhausen) ont été touchées par la tempête de 1999. L'essence dont la surface terrière a le plus progressé dans la réserve forestière dirigée est le chêne pédonculé. Ceci est d'autant plus étonnant que de nombreux chênes morts ou mourants ont été récoltés. Les mesures visant à encourager la conservation du chêne pédonculé ont donc clairement

démontré leur efficacité. Seules les interventions actives des forestiers pour mettre en lumière le chêne et limiter la concurrence du frêne, de l'érable sycomore et du charme ont permis de faire augmenter sa surface terrière. Le chêne pédonculé, essence emblématique des forêts alluviales du Rhin, ne peut donc être conservée sans interventions sylvicoles.

Les résultats dans les réserves forestières intégrale et dirigée de «Breitsand» (ancienne plaine alluviale dans le nord de la région du Taubergiesen) sont de bons exemples pour comparer l'évolution différente entre les parties sans et avec interventions sylvicoles (tab. 4). Au milieu des années 1980, une coupe de taillis a eu lieu sur la placette carrée permanente de la réserve forestière dirigée et seuls les gros bois ont été conservés. Grâce à cela, de nombreuses essences pionnières exigeantes en lumière, absentes lors du premier inventaire de 1987, ont pu s'installer. Ce sont exactement ces espèces de saules et de peupliers qui ont disparu de la réserve intégrale. Il est également surprenant de constater que, dans la réserve intégrale, le nombre d'individus et/ou la surface terrière de

Tableau 4: Évolution des principales caractéristiques du peuplement dans les placettes carrées permanentes en prenant l'exemple de la réserve intégrale et dirigée du „ Breitsand “

	Placettes permanentes „ Breitsand “ dans l'ancienne plaine alluviale	
	Réserve intégrale	Réserve dirigée
Évolution du nombre D'individus / ha (2003)	- 85 / ha	+ 287 / ha
Évolution de la surface terrière (m ² / ha) (2003)	- 2 m ² / ha	+ 4,3 m ² / ha
Essences ayant disparu en 2003 (D _{1,30} > 7cm)	<i>Saule des vanniers, peupliers hybrides, saule sp.</i>	<i>peupliers hybrides</i>
Essences en net recul (nombre d'individus et surface terrière)	<i>Bouleau, Aulne blanc, Peuplier blanc, Peuplier noir, Chêne pédonculé</i>	-
Nouvelles essences, apparues en 2003 (D _{1,30} > 7cm)	<i>Cerisier à grappes</i>	<i>Saule cendré, Charme *, Saule marsault, Cerisier à grappes, Merisier*, Saule blanc, Tremble Peuplier grisard</i>
Essences en nette progression (nombre d'individus et Surface terrière)	<i>Frêne, Orme champêtre, Charme, Hêtre, Merisier, Tilleul à petites feui.</i>	<i>Orme champêtre, Aulne blanc, Peuplier noir, Chêne pédonculé</i>

* Planté dans la réserve forestière dirigée

certaines essences ont nettement diminués (aulne blanc, peuplier noir, chêne pédonculé) alors que dans la réserve dirigée, c'est exactement l'inverse qui s'est produit. À travers ces intervention sylvicoles (coupe de taillis sous futaie, et coupe de taillis), on peut conserver et favoriser certaines des essences caractéristiques de la plaine alluviale du Rhin.

5.1.3. ÉVOLUTION DE LA QUANTITÉ DE BOIS MORT

Le volume de bois mort a quadruplé en l'espace de 17 ans dans la réserve forestière intégrale (fig. 6). Les peuplements des placettes carrées permanentes ont entre 50 et 90 ans et peuvent ainsi être désignés comme des peuplements matures à quasi sénescents. La valeur moyenne assez élevée de 68 m² de bois mort à l'hectare est comparable avec celle d'autres réserves forestières intégrales de la plaine alluviale du Rhin (Kegler 1999). Le pourcentage de bois mort représente, lors du deuxième inventaire, 20,1% de la quantité totale du peuplement vivant ; le bois mort au sol représente lui, la part la plus importante du bois mort. Lors du premier inventaire de 1986, le pourcentage de bois mort dans la réserve intégrale n'était encore que de 5,7% ce qui concorde avec l'arrêt, alors récent, des interventions. L'augmentation de 0,8 m³ / ha du bois mort sur pied lors du deuxième inventaire est relativement faible. Cela représente environ 29,1 arbres morts sur pied (D_{1,30} > 10 cm) à l'hectare. L'augmentation du volume de bois mort étant donc principalement concentrée dans le bois mort au sol (décomposition plus rapide que sur pied), on peut en déduire que le bois mort se décompose rapidement. L'augmentation annuelle moyenne nette de la quantité de bois mort dans la réserve forestière intégrale est de 2,8 m³ / ha / an (augmentation brute de la quantité de bois mort - quantité de bois mort décomposée).

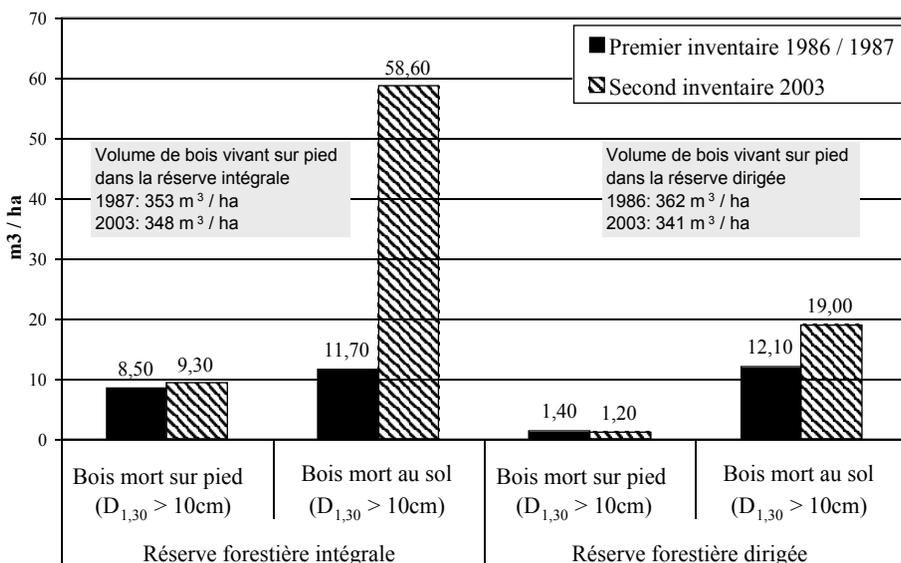


Figure 6 : Évolution de la quantité de bois mort sur les placettes permanentes des réserves forestières intégrale et dirigée du Taubergiessen.

L'âge des peuplements ainsi que leur volume sont équivalents dans les réserves forestières intégrales et dirigées. Lors du deuxième inventaire dans la réserve dirigée, la quantité de bois mort représente 9% du peuplement vivant soit une augmentation d'environ 250% par rapport au premier inventaire de 1987 (3,7% de bois mort). En tout cas, la quantité de bois mort est plus faible dans la réserve forestière dirigée que dans la réserve intégrale du fait des interventions sylvicoles.

Le dynamisme de l'écosystème forestier de la plaine alluviale rhénane, peut également être observé à travers la modification importante des essences composant le bois mort au sol entre le premier et le deuxième inventaire, ainsi qu'à travers sa rapide décomposition (fig. 7). Ceci est particulièrement vrai dans les placettes carrées permanentes de la réserve forestière dirigée. Lors du premier inventaire en 1987, plus de la moitié du bois mort au sol était composé de saules et d'aulne blanc, alors que 16 ans plus tard, ces essences ont complètement disparu. Lors du deuxième inventaire, on retrouve dans le bois mort au sol, les essences qui composent le peuplement actuel. Dans la réserve intégrale, ce phénomène n'est pas aussi évident même si les saules, les ormes et l'aulne blanc ont été totalement décomposés au bout de 17 ans ou tellement dégradés qu'ils ne sont plus identifiables. Cette absence d'essences au bois tendre dans le stock de bois mort, a des conséquences pour la faune lignicole spécifique à ces essences (Zahradnik 1985).

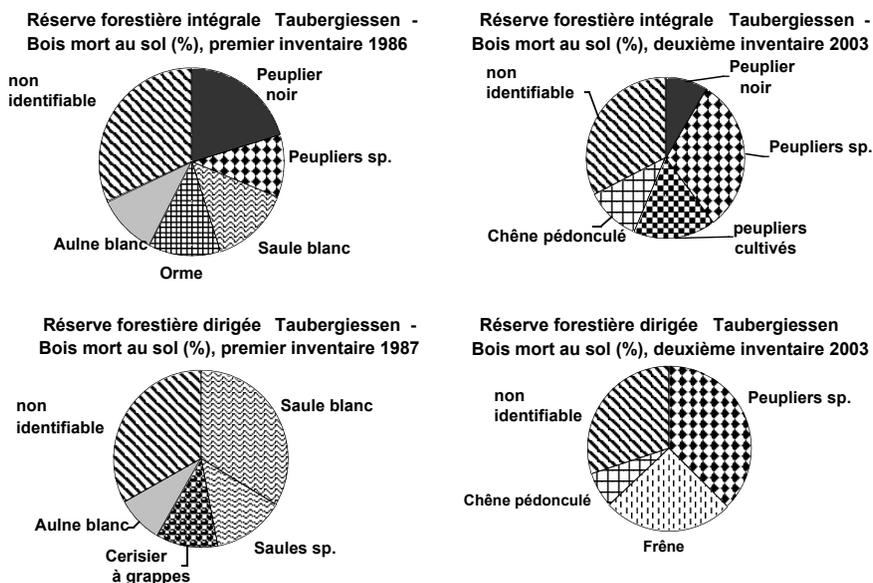


Figure 7: Évolution de la composition en essences du bois mort au sol sur les placettes permanentes des réserves forestières intégrale et dirigée.

On a comparé de manière plus précise les résultats du premier et du second inventaire, au niveau des sous-unités (10 x 25 m) de certaines placettes carrées permanentes de la réserve forestière intégrale du Taubergiessen. Cette étude

de la composition en essences et du diamètre du bois mort fait apparaître que le bois mort au sol qui avait un diamètre inférieur ou égal à 20 cm a totalement disparu ou est très décomposé au bout de 17 ans. Le taux de décomposition du bois mort au sol dans la réserve intégrale du Taubergiessen est donc en moyenne de $0,8 \text{ m}^3 / \text{ha} / \text{an}$. Si l'on additionne cette quantité décomposée à l'augmentation nette de la quantité de bois mort, on obtient un accroissement brut de la quantité de bois mort de $3,6 \text{ m}^3 / \text{ha} / \text{an}$ dans la réserve intégrale du Taubergiessen. Il serait intéressant d'étudier quand et à quelle vitesse la quantité de bois mort produite et décomposée s'égalisent.

5.1.4. RÉGÉNÉRATION DES ESSENCES FORESTIÈRES

Lors du premier inventaire de 1986/87, aucun renseignement concernant la régénération n'a été relevé sur les placette carrées permanentes. Par contre, il est possible de faire des comparaisons avec l'inventaire des placettes circulaires dans la réserve forestière intégrale du Taubergiessen (Bücking 1989). Dès le premier inventaire de 1984, l'érable sycomore, le frêne et le charme sont les essences dominantes si l'on somme toutes les catégories de hauteur. Ainsi, l'érable sycomore représente même les 2/3 des individus dans la catégorie $< 10 \text{ cm}$. Par contre, c'est l'aulne blanc qui domine la catégorie $> 100 \text{ cm}$, avec 1/3 des individus.

Les résultats concernant la régénération sur les placettes carrées permanentes de la réserve forestière intégrale confirment cette tendance (fig. 8). Environ deux décennies après le premier inventaire, l'érable sycomore est passé dans la classe de hauteur $> 150 \text{ cm}$ et domine, avec le cerisier à grappes, la régénération. L'aulne blanc par contre, a disparu de cette catégorie de hauteur. Dans un avenir très proche, les essences comme le noyer commun, le merisier, le chêne pédonculé, le peuplier noir, le saule blanc, ou l'orme lisse auront elles aussi disparu des peuplements de la réserve intégrale. La dynamique de la régénération du peuplier blanc est, quant à elle, très intéressante, car elle peut se maintenir encore mieux que celle du frêne dans la catégorie de hauteur $> 150 \text{ cm}$.

Dans la réserve forestière dirigée, la régénération du peuplier blanc ne possède pas la même dynamique. Ceci peut s'expliquer par une présence plus importante dans la réserve intégrale que dans la réserve dirigée, de stations humides à inondées, où le peuplier blanc se régénère facilement. Si, de plus, des inondations moyennes à importantes ont lieu (tab. 1), les conditions deviennent optimales pour le peuplier blanc (chapitre 5.2.1.).

Les interventions sylvicoles et les mises en lumière dans la réserve forestière dirigée conduisent à favoriser les arbres et arbustes de lumière (chapitre 5.1.1. et chapitre 5.1.2.). Ceci s'observe dans la dominance de l'aulne blanc dans la catégorie de régénération $> 150 \text{ cm}$. Le pourcentage d'arbustes dans la régénération est de 57% dans la réserve dirigée et de 32% dans la réserve intégrale (tab. 5). Pourtant, le nombre total d'essences d'arbres forestiers dans la catégorie de régénération $> 150 \text{ cm}$ est deux fois plus important dans la réserve dirigée que dans la réserve intégrale (tableau 5). La situation est inversée dans les catégories de semis plus basses où l'on compte deux fois plus de semis d'arbres dans la réserve intégrale que dans la réserve dirigée.

Les conclusions suivantes s'imposent : dans la réserve forestière intégrale, la régénération des arbres dans les classes de semis les plus basses est bonne.

Par contre, la plus grande part de cette régénération ne pourra pas passer dans les catégories de semis supérieures par manque de lumière. À l'opposé, dans la réserve dirigée, le nombre de semis d'arbres à l'hectare est deux fois moins important mais, du fait d'un apport en lumière plus important, un plus grand pourcentage de la régénération arrive à passer dans les catégories de semis plus hautes, bien que la strate arbustive soit plus dense que dans la réserve intégrale. Une strate arbustive, même dense, ne saurait donc être un obstacle à une régénération en nombre suffisant, des arbres qui constitueront les futurs peuplements de la plaine alluviale rhénane.

Bien que les arbustes soient des concurrents pour l'eau, la lumière et les éléments nutritifs vis-à-vis des arbres, ils jouent un grand rôle dans la limitation de l'impact du gibier (tab. 5). En moyenne, 50% des arbustes sont aboutis (pour les catégories de hauteur < 1,50 cm), mais seulement 21% des arbres pour la

Tableau 5: Régénération des arbres et arbustes d'un diamètre inférieur à 7 cm sur les placettes carrées permanentes des réserves forestières intégrale et dirigée du Taubergiessen.

Régénération	Réserve intégrale	Réserve dirigée
Nombre d'arbres et d'arbustes / ha	48.769	36.937
Nombre d'arbres / ha	33.269	15.633
Pourcentage d'arbres dans la régénération	68%	43%
Nombre d'arbres > 1,50m / ha	1.091	2.450
Nombre d'arbres < 1,50m / ha	32.177	13.183
Pourcentage d'arbres aboutis <1,50m	21%	26%
Nombre d'arbustes/ ha	15.499	21.303
Pourcentage d'arbustes dans la régénération	32%	57%
Nombre d'arbustes < 1,50m / ha	11.178	15.569
Nombre d'arbustes > 1,50m / ha	4.320	5.733
Pourcent. d'arbustes aboutis < 1,50m	52%	49%

réserve intégrale et 26% pour la réserve dirigée. Toutes les espèces d'arbustes sont abouties, même celles qui ne sont d'habitude pas particulièrement apétantes pour le gibier (par exemple le troène ou le fusain d'Europe, dans : König 1997). La strate arbustive joue donc un rôle important dans la conservation des jeunes arbres, qui seraient sinon en danger, au vue des populations actuelles très élevées de chevreuils (Ullrich 2000).

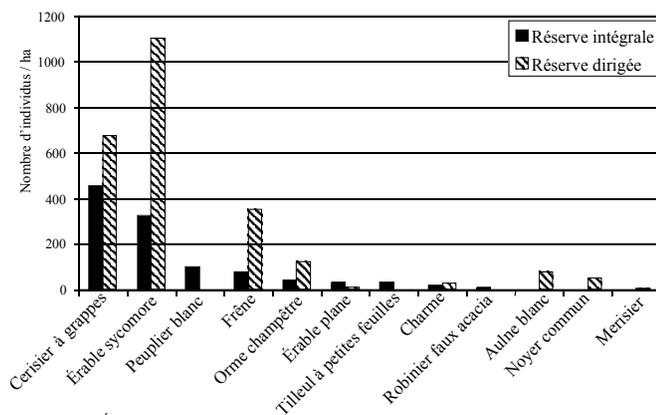


Figure 8: État actuel (en 2003) de la régénération ($D_{1,30} > 7$ cm et $H > 1,50$ m) sur les placettes carrées permanentes des réserves forestières intégrale et dirigée du Taubergiessen.

Régénération > 1,50 m sur l'ensemble de la réserve intégrale : 1.091 Individus / ha
Régénération > 1,50 m sur l'ensemble de la réserve dirigée : 2.428 Individus / ha

Grâce aux résultats tirés de l'évolution des placettes carrées permanentes et de la comparaison entre zones avec et sans interventions sylvicoles, on peut faire des prévisions quant à la composition future des peuplements de l'ancienne plaine alluviale inondable au niveau du Rhin canalisé (tab. 6).

Dans la colonne de gauche du tableau 6, on trouve les essences qui se régénèrent naturellement dans les conditions stationnelles actuelles, c'est-à-dire celles qui n'ont pas besoin d'être plantées. Dans la partie supérieure du tableau sont listées les essences qui dominent dans le peuplement actuel ou bien qui constitueront le peuplement futur. La partie centrale du tableau recense les essences accompagnatrices du futur peuplement final, qui viennent des associations forestières zonales voisines de la basse terrasse, mais qui, pour l'instant, ne jouent pas encore un rôle dominant. Le hêtre ne s'est pas encore réellement implanté dans la région du Taubergiessen, bien qu'une étude similaire dans la forêt rhénane de Weisweil située au sud du Taubergiessen (Kegler 1999 ; Michiels 2000) démontre que le hêtre peut très bien se régénérer dans l'ancienne plaine alluviale ou dans les classes de forêts alluviales hautes à supérieures. En général, pour une essence donnée, la dynamique de la régénération et la concurrence vis-à-vis des autres essences ne suffisent pas, sur ces stations inondées ou fortement sous influence de la nappe phréatique, à prévoir la réussite de l'installation de celle-ci face aux concurrents. Enfin, dans la partie inférieure du tableau, on trouve les essences pionnières qui se régénèrent spontanément lors de l'ouverture du couvert, mais

qui nécessitent donc tout de même au final une sylviculture pour s'installer.

Tableau 6: Composition des peuplements sur le complexe stationnel de l'ancienne plaine alluviale et de la plaine alluviale inondable au niveau du Rhin supérieur canalisé

Essences dominantes du peuplement final	Essences dominées ne pouvant être maintenues que grâce à des interventions
Érable sycomore Frêne Orme champêtre Charme Peuplier blanc Cerisier à grappes	Orme lisse Chêne pédonculé Robinier faux acacia Aulne glutineux Peuplier noir Saule blanc
Essences de transition pouvant accompagner celles du peuplement final	Dans la colonne de droite du tableau 6 sont énumérées les essences qui doivent obligatoirement être plantées si l'on souhaite les conserver en nombre important dans la plaine alluviale du Rhin. Il s'agit d'essences dont la physiologie est tout à fait adaptée aux conditions spécifiques des forêts alluviales, comme les modifications de la hauteur de la nappe ou bien les inondations, mais qui, dans les conditions actuelles ne se régénèrent pas ou très peu. Le robinier faux acacia par exemple, n'appartient pas vraiment aux essences caractéristiques de la plaine alluviale, mais il existe des exemples de peuplements qui supportent une longue période d'inondation et la présence d'une nappe proche de la surface (par exemple sur l'île de Gerstheim, forêt privée française ; Hauschild 1992). Le robinier faux acacia fait preuve d'une grande tolérance physiologique vis-à-vis des stations extrêmes (très sèches à inondées), mais il ne peut se maintenir durablement dans la plaine
Hêtre Érable plane Merisier Tilleul à petites feuilles	
Essences pionnières s'installant spontanément après ouverture du couvert	
Bouleau Érable champêtre Aulne blanc	

alluviale sans être planté. De la même manière, l’Aulne glutineux supporte les stations humides à inondées en permanence, mais sa régénération ne parvient pas à s’y installer.

5.2. RÉSULTATS SUR CHAQUE NIVEAU DE FORÊT ALLUVIALE

5.2.1. EXEMPLE: NIVEAU MOYEN DE FORÊT ALLUVIALE À BOIS DUR.

Le long du Rhin canalisé, la durée moyenne d’inondation du niveau moyen de forêt alluviale à bois dur est de 2 à 5 jours durant la période de végétation. Cette durée d’inondation est bien moindre que celle constatée pour le niveau moyen de forêt alluviale à bois dur au nord du dernier barrage, celui d’Iffezheim, qui est en moyenne de 4 à 15 jours (Michiels et Aldinger 2002). Dans le sud de la plaine alluviale du Rhin canalisé, il existe une corrélation positive entre la hauteur de la nappe et la durée d’inondation (Hauschild 2004). Les inondations ont généralement lieu dans les zones les plus basses où la nappe est proche de la surface. Dans de telles conditions, la croissance des arbres n’est plus possible même lors d’inondations de relatives courtes durées. A l’opposé, dans le nord de la plaine alluviale du Rhin supérieur, la tolérance des arbres vis-à-vis de la durée d’inondation est bien plus grande car une longue période d’inondation n’est pas obligatoirement corrélée à la présence d’une nappe proche de la surface.

L’évolution de l’ensemble des placettes carrées permanentes de la réserve forestière intégrale du Taubergiessen, a généralement été caractérisée par une réduction du nombre d’individus à l’hectare et par une conservation de la valeur de la surface terrière. L’exemple de la placette permanente n° 2 située dans la partie de la réserve intégrale du Herrenkopf (fig. 9 à 11) concerne le niveau moyen de forêt alluviale à bois dur sur une station humide à limon profond. Sur cette placette, les évolutions générales présentées auparavant ne sont pas respectées. Le nombre d’individus à l’hectare (fig. 9) ainsi que la surface terrière (fig. 10) augmentent fortement. Le frêne, le peuplier blanc et le cerisier à grappes se développent de façon optimale ce qui conduit à une valeur de surface terrière très élevée de 31,7 m² / ha (fig. 11). Si l’on répartit l’augmentation de la surface terrière entre 1986 et 2003 sur le nombre actuel de 490 individus, on obtient pour cette station, un accroissement annuel moyen du diamètre de 2 cm / arbre / an. Cet accroissement important peut aussi être observé à travers une modification de la distribution des classes de diamètre (fig. 10). En l’espace de 17 ans, la classe de diamètre la plus représentée a pris de 15 à 20 cm. La diminution du nombre d’individus dans la classe de diamètre > 70 cm s’explique par la mort de vieux chênes. Il est intéressant de constater que, malgré cette tendance, la classe de diamètre relative aux perches a également augmenté. Les différentes phases du peuplement évoluent donc très rapidement et, avec la composition actuelle, un nombre suffisant de nouveaux individus parvient toujours à s’installer et à croître même dans les peuplements de gros bois. Comme la majorité des placettes carrées permanentes, celle-ci n’a pas été endommagée par la tempête.

Dans cette classe de forêt alluviale, l’érable sycomore atteint ses limites physiologiques, il ne se régénère que médiocrement et l’augmentation de sa surface terrière reste faible. À l’opposé, les deux espèces d’orme ont un bien meilleur comportement sur cette station : l’orme champêtre arrive à s’imposer dans ces peuplements denses au volume important où il formera, avec le cerisier à grappes, le sous-étage des futurs peuplements ; L’orme lisse est plus inféodé aux

conditions stationnelles alluviales. Les premières analyses de l'inventaire de la réserve forestière intégrale (FGA-Aufnahme) font apparaître une préférence de l'orme lisse pour les stations inondées du niveau inférieur de forêt alluviale à bois

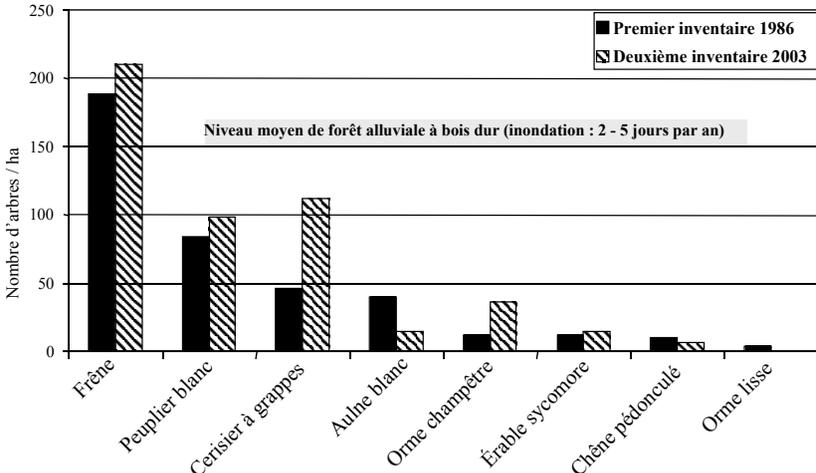


Figure 9: Évolution du nombre d'arbres à l'hectare d'un diamètre supérieur à 7 cm sur la placette permanente n° 2 (0,5 ha). « Herrenkopf », réserve forestière intégrale du Taubergiessen .

Premier inventaire 1986: 396 ind. / ha

Deuxième inventaire 2003: 490 ind. / ha; disparition en 2003 de l'Orme lisse

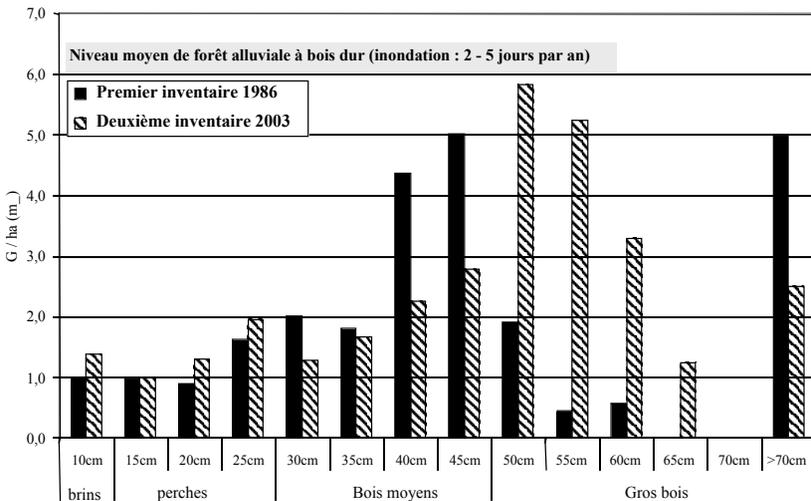


Figure 10: Évolution de la surface terrière par classe de diamètre sur la placette carrée permanente n° 2 (0,5 ha). « Herrenkopf », réserve forestière intégrale du Taubergiessen .

Surface terrière globale lors du premier inventaire : 25,55 m² / ha

Surface terrière globale lors du second inventaire : 31,75 m² / ha

dur jusqu'au niveau de forêt alluviale à bois tendre, même s'il est vrai qu'il y reste rare. Le chêne pédonculé, comme l'aulne blanc nécessitent d'être favorisés pour se maintenir. Ces deux essences, comme l'orme lisse disparaîtront également bientôt des ces stations.

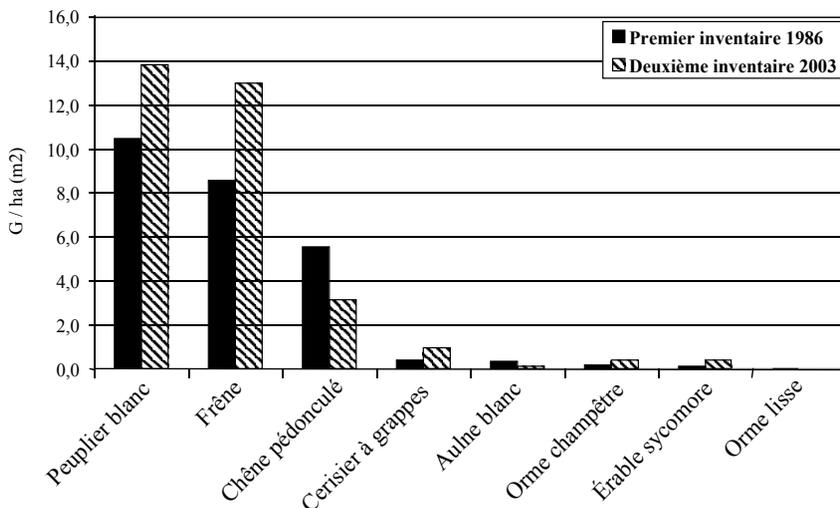


Figure 11: Évolution de la surface terrière des différentes essences sur la placette carrée permanente n° 2 (0,5 ha). « Herrenkopf », réserve forestière intégrale du Taubergiessen .

Surface terrière globale lors du premier inventaire : 25,55 m² / ha
 Surface terrière globale lors du second inventaire : 31,75 m² / ha

Malgré un nombre d'individus à l'hectare en augmentation et une surface terrière qui s'accroît et dont la répartition se modifie sensiblement, la composition en essences est restée quasiment identique durant les deux dernières décennies (tab. 7). Seul l'Aulne blanc a cédé sa place de quatrième essence dominante à l'Orme champêtre. Sinon, ce sont le frêne, le peuplier blanc et le cerisier à grappes qui dominent sur cette station.

L'étude des autres placettes carrées permanentes (en tout, 1,9 ha) du niveau moyen de forêt alluviale à bois dur fournit des résultats analogues voire identiques. À partir des données sur la régénération des arbres, leurs relations de concurrence et leur dynamique de croissance, on a pu développer un schéma synthétisant la succession dans le niveau moyen de forêt alluviale à bois dur, valable pour la zone in-

Tableau 7: Évolution du classement des essences dominantes dans le niveau moyen de forêt alluviale à bois dur. placette carrée permanente n° 2 (0,5 ha), « Herrenkopf », réserve forestière intégrale du Taubergiessen .

Essences dominantes d'après le nombre d'individus à l'hectare			Régénération (D _{1,30} < 7 cm, > 1,50 m (2003))	Nombre décroissant D individus / ha
D _{1,30} > 7 cm (1986)	D _{1,30} > 7 cm (2003)			
1. Frêne	Frêne	Cerisier à grappes	↓	
2. Peuplier blanc	Cerisier à grappes	Peuplier blanc		
3. Cerisier à grappes	Peuplier blanc	Frêne		
4. Aulne blanc	Orme champêtre	Orme champêtre		

dable du Rhin canalisé (fig. 12). L'analyse de la succession dans le niveau inférieur de forêt alluviale à bois dur montre qu'elle est similaire à celle dans le niveau moyen. En tout, seules les données concernant 0,5 ha de la réserve forestière intégrale ont pu être analysées. D'autres données de l'inventaire du FGA doivent être exploitées pour pouvoir fournir des résultats plus sûrs.

Une modification de l'évolution de la composition de la phase mature du peuplement (frêne, peuplier blanc, cerisier à grappes et orme champêtre) vers la chênaie-ormeaie n'a pas pu être mise en évidence dans la classe moyenne de forêt alluviale à bois dur, comme cela a été par exemple affirmé par Carbiener et Schnitzler (1988) pour les forêts rhénanes alsaciennes. Selon cette thèse, on admettait que le «*Fraxino-Populetum*» (frêne / peuplier blanc) évoluait en «*Quercu-Ulmetum*» (chêne pédonculé / orme champêtre). D'après les résultats précédents concernant la stabilité de la composition dans les niveaux moyen et inférieur de forêt alluviale à bois dur, les «véritables» forêts alluviales sous influence d'inondations sont donc plutôt à désigner par l'appellation «*Fraxino-Ulmetum*» (Oberdorfer 1957).

Les résultats concernant le peuplement ouvert s'appuient essentiellement sur des expériences dans les peuplements qui ont été exploités (coupe de taillis ou récolte). Dans ce cas, l'aulne blanc peut encore se régénérer, mais d'autres arbres pionniers ont dû être plantés (essences entre parenthèses dans la figure 12 : saule blanc, peuplier noir et aulne glutineux).

Le cornouiller sanguin domine la strate arbustive dans les deux phases du peuplement (mature et ouvert). Dans les peuplements ouverts, on trouve également de nombreuses bourdaine ou viorne obier qui, lors de la fermeture du peuplement, disparaîtront pour la plupart.

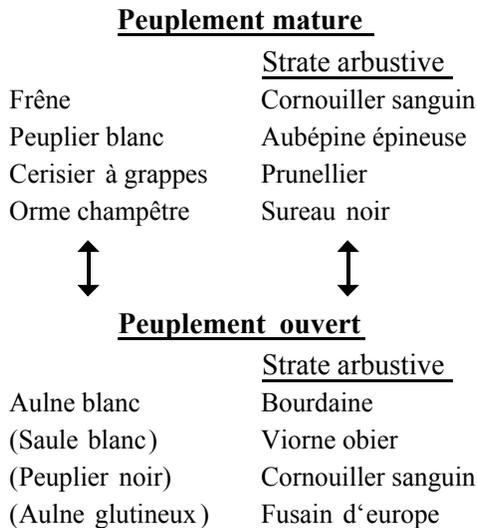


Figure 12: Schéma de la succession des espèces d'arbres et d'arbustes dans le niveau moyen de forêt alluviale à bois dur le long du Rhin supérieur canalisé.

5.2.2. SUCCESSION DANS LES DIFFÉRENTS NIVEAUX DE FORÊT ALLUVIALE

Grâce à la comparaison du premier et du deuxième inventaire des placettes carrées permanentes dans tous les niveaux de forêt alluviale à bois dur, mais également grâce à la comparaison de l'évolution des peuplements dans les réserves forestières intégrales et dirigées, on a pu décrire, pour le Taubergiessen, la composition de la phase climacique mature et de la phase ouverte des peuplements (fig. 12 – 15). On trouve d'une part les essences qui se régénèrent naturellement et qui sont assez dynamiques pour se maintenir dans la phase climacique mature, et d'autre part, les essences qui se régénèrent lors d'une ouverture du peuplement, mais qui ne parviennent pas à se maintenir lors de la fermeture du couvert.

Les niveaux élevés et supérieurs de forêt alluviale à bois dur sont de loin majoritaires dans le Taubergiessen. Sur ces stations, les peuplements qui contiennent encore du chêne pédonculé ou du peuplier noir sont soumis à d'importants changements. Ces essences, jusqu'ici caractéristiques et en stations, ne se régénèrent plus, même lors d'ouvertures du couvert et doivent donc être plantées si elles veulent être conservées dans ces peuplements. Ces résultats ne sont uniquement valables que pour une succession dans une ambiance forestière et non pour des zones dévastées. Sur les bancs de graviers artificiels le long des gravières ou sur d'autres biotopes secondaires s'installe par exemple une régénération de peuplier noir ou d'hybrides de peuplier noir. L'aulne blanc, le bouleau et l'érable champêtre peuvent également profiter d'une ouverture du peuplement. Ainsi, en l'absence d'interventions sylvicoles, les peuplements des zones rarement inondées du niveau élevé de forêt alluviale à bois dur, convergent vers une forêt d'Érable sycomore et de Frêne avec du Charme et de l'Orme champêtre en accompagnement.

Sur les stations assez sèches de l'ancienne plaine alluviale, le Hêtre jouera vraisemblablement un rôle important même si on ne le trouve que rarement pour l'instant sur ce genre de stations dans le Taubergiessen. De même, d'autres exemples sur des stations de l'ancienne plaine alluviale mais également sur des stations du niveau supérieur de forêt alluviale à bois dur (Forêt rhénane de Weisweiler, (Kegler 1999; Michiels 2000), Strasbourg (F), Gamsheim (F) (Hauschild 1999)) présentent une évolution évidente vers la hêtraie.

Dans le tableau récapitulatif relatif à la composition des peuplements (tab. 8), seuls les complexes stationnels concernés par les placettes carrées permanentes du Taubergiessen ont été décrits. Il manque entre autre les stations extrêmement humides de la classe de forêt alluviale à bois tendre ainsi que les stations du niveau de forêt alluviale sèche qui de toute manière sont absentes du Taubergiessen. L'évolution dans le niveau de forêt alluviale à bois tendre et dans le niveau de forêt alluviale intermédiaire entre forêt alluviale à bois tendre et forêt alluviale à bois dur a été étudiée dans le cadre du deuxième inventaire dans la partie de la réserve intégrale du Herrenkopf (FGA 2003). Les premiers résultats concernant ces stations de surface réduite font apparaître que l'Orme lisse, les saules et les peupliers s'y régénèrent bien et qu'ils peuvent constituer le futur peuplement. L'évolution dans la classe inférieure de forêt alluviale à bois dur est semblable à celle de la classe moyenne, mais l'étude a été réalisée sur une surface trop petite pour pouvoir en tirer des résultats significatifs.

Des recherches en France sur la plaine alluviale sèche au sud de Marckolsheim démontrent d’une part que le Chêne pédonculé se régénère bien dans les trouées et que d’autre part, il est peu gêné par les essences concurrentes (Boeuf et Hauschild 2000). Les chênaies de l’île de Marckolsheim sont, pour la plupart, issues de la succession naturelle avec interventions sylvicoles (mais sans plantation) après l’arrêt de l’utilisation de ces surfaces à des fins agricoles (Durand 1998 B, 2000; Knebel 2003). Dans ce contexte, il est intéressant de noter que les surfaces originales inventoriées par Issler et ayant conduit à la théorie du Querco-Ulmetum (Issler 1924), appartenaient déjà à cette époque aux stations sèches à très sèches de l’ancienne plaine alluviale du Rhin (Bœuf 2004). Bœuf a retrouvé ces surfaces étudiées par Issler et les a à nouveau inventoriées. En comparant ses résultats avec les résultats originaux, il en a déduit que la composition du peuplement et de la strate herbacée n’aient que peu évolué en l’espace de 80 ans.

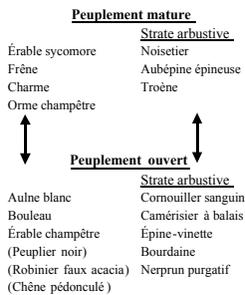


Figure 13. Schéma de la succession des espèces d’arbres et d’arbustes dans le niveau élevé de forêt alluviale à bois dur le long du Rhin supérieur canalisé.

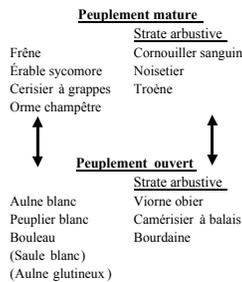


Figure 14. Succession naturelle des espèces d’arbre et d’arbustes sur sols profonds et frais de l’ancienne plaine alluviale le long du Rhin supérieur canalisé.

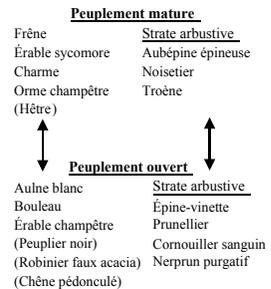


Figure 15. Succession naturelle des arbres et des arbustes sur sols caillouteux et secs de l’ancienne plaine alluviale le long du Rhin supérieur canalisé.

Tableau 8: Composition des peuplements proches de la nature dans les différents niveaux de forêts alluviales rhénanes (réserve intégrale et dirigée du Taubergiessen).

	Niveau inférieur et moyen de forêt alluviale à bois dur	Ancienne plaine alluviale, fraîche à humide	Niveau supérieur de forêt alluviale à bois dur	Ancienne plaine alluviale sèche
Peuplement mature (R. intégrale)	Frêne, Peuplier blanc, Cerisier à grappes, Orme champêtre	Frêne, Érable sycomore, Cerisier à grappes, Orme champêtre	Frêne, Érable sycomore, Charme, Orme champêtre	Frêne, Érable sycomore, Orme champêtre, Charme, Hêtre
Peuplement ouvert (R. dirigée)	Aulne blanc	Aulne blanc, Bouleau, Peuplier blanc	Aulne blanc, Bouleau, Érable champêtre	Bouleau, Aulne blanc, Érable champêtre

6. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Cette méthode de comparaison des différentes placettes dans la réserve du Taubergiessen a fourni des résultats très intéressants. En effet, l'installation des placettes permanentes sur des stations comparables, à la fois dans la réserve forestière intégrale et dans la réserve forestière dirigée a permis de suivre l'évolution des peuplements forestiers, mais également de quantifier l'influence des interventions sylvicoles.

Les forêts exploitées de la plaine alluviale rhénane évoluent très rapidement. Les paramètres révélant clairement cette dynamique sont : les taux d'apparition et de décomposition du bois mort, l'augmentation de la surface terrière, la structure du peuplement et la composition en essences. Plus la station est productive et la composition du peuplement actuel éloignée de la végétation potentielle, alors plus les paramètres cités précédemment évoluent rapidement.

À travers la comparaison entre les réserves forestières intégrale et dirigée, on s'aperçoit que l'influence de l'homme est nécessaire, dans les conditions hydrologiques du Taubergiessen, à la conservation de différentes essences (saules, peupliers, aulne blanc et chêne pédonculé), de certains peuplements (forêts de chêne pédonculé et d'orme champêtre) et d'une diversité structurelle et spécifique élevée. On s'est également aperçu que les forêts du Taubergiessen n'évoluaient pas vers la chênaie-ormiaie, la chênaie-charmaie ou encore la chênaie-tillaie comme cela avait été supposé initialement (Lohmeyer et Trautmann 1974; Bücking 1989). La protection de ces peuplements ne suffit donc pas à conserver ces espèces et ces structures spécifiques. Si à l'avenir, de grandes parties des forêts alluviales veulent être conservées ou bien implantées, il faudra également ne pas négliger les moyens financiers nécessaires aux plantations, aux travaux de dégagement ou de nettoyage ou bien à d'autres interventions comme les éclaircies, nécessaires à leur conservation.

Les recherches dans le Taubergiessen ont montré de manière claire que la succession naturelle doit toujours être mise en relation avec la station. La durée d'inondation est le facteur stationnel décisif pour différencier la végétation de la plaine alluviale ; au niveau du Rhin canalisé, cette durée est fortement corrélée au niveau de la nappe (Hauschild 2004).

Dans la plaine alluviale au niveau du Rhin canalisé, l'évolution naturelle des peuplements peut être subdivisée en 4 grandes lignes (ill. 16). La chênaie-ormiaie, d'origine artificielle, évolue, sur une station inondée en permanence, vers une forêt marécageuse composée d'arbustes mais également de saules, de peupliers et d'ormes lisses, essence typique des plaines alluviales. La deuxième évolution possible concerne les stations humides à inondées régulièrement pour des durées moyennes (tab. 1). Dans ces conditions se développe la «véritable» forêt alluviale où le Frêne et le Peuplier blanc s'installent et forment le peuplement final (*Fraxino-Ulmetum*, Oberdorfer 1957). Oberdorfer (1953) décrit le Peuplier blanc comme une essence caractéristique et spécifique pour l'ensemble de l'alliance *Ulmion* (forêt alluviale à bois dur épisodiquement inondée). D'après les résultats de 1953, l'Orme lisse est également une essence caractéristique de l'association *Fraxino-Ulmetum*. Dans l'article «Les forêts alluviales européennes» (Oberdorfer 1953), le chêne pédonculé n'est désigné que comme essence accompagnatrice dans cette association et non comme essence principale. La forêt alluviale à bois dur est

«du point de vue du sylviculteur, une station au rendement très intéressant et fournissant notamment des chênes, des frênes et des fruitiers sauvages de qualité». La présence du chêne pédonculé dans la plaine alluviale s'explique d'après Oberdorfer (1953) par les interventions artificielles de l'homme. Ces affirmations sont confirmées par les résultats concernant la régénération dans le Taubergiessen. En effet, dans les stations humides épisodiquement inondées du Taubergiessen, le peuplier blanc, l'orme champêtre et le frêne dominant la régénération et constituent le peuplement final. Le chêne pédonculé n'y joue aucun rôle. Pour cette raison, l'appellation *Fraxino-Ulmetum* serait, d'après l'auteur, plus appropriée pour les forêts des plaines alluviales. L'association chênaie-ormiaie (*Querco-Ulmetum*) est définie de manière peu précise et caractérise souvent des peuplements largement influencés par la sylviculture. De nombreux phytosociologues définissent l'appartenance de tel ou tel peuplement à la chênaie-ormiaie à travers la dominance du chêne dans la strate arborée (Carbiener, 1974; Seibert, 1992), mais ne prennent pas en considération la dynamique de la régénération. Au-delà, on suppose que la chênaie-ormiaie est issue d'un stade pionnier composé de saules mais qui, jusqu'ici, n'a jamais été étudié durablement sur un exemple concret. Par contre, de nombreux exemples de plantations de chênes dans la plaine alluviale du Rhin, ont été décrits (Durand 1998 A, Volk 2000).

Les stations qui ne sont inondées plus qu'épisodiquement voire plus du tout et qui occupent, en surface, la part la plus importante des forêts alluviales voient leurs peuplements évoluer vers une association forestière de feuillus précieux composée de Frêne, d'Érable sycomore, de Charme et d'Orme champêtre dans laquelle le Hêtre joue, avec le temps, un rôle toujours plus important jusqu'à constituer l'essence principale.

La dernière possibilité d'évolution des forêts alluviales concernent les stations sèches de l'ancienne plaine alluviale au sud de Breisach et de Marckolsheim. Dans ce cas, la combinaison Chêne pédonculé-Orme champêtre est stable. Il est intéressant de noter que c'est dans ce type de station que Issler a décrit pour la première fois l'association *Querco-Ulmetum* (Issler, 1924).

Ces gradients écologiques et la dynamique de la succession sur les unités ainsi définies sont étudiés plus en détail dans le projet INTERREG regroupant l'ONF et le centre de recherche forestière du Bade-Wurtemberg. Pour cela, une méthode a été développée permettant de quantifier la diversité structurelle et spécifique des peuplements actuels. Sur la base de cette quantification écologique, on proposera différentes interventions qui viseront à conserver la diversité structurelle et spécifique. Enfin, cette méthode proposera un aperçu des coûts nécessaires à ces interventions.

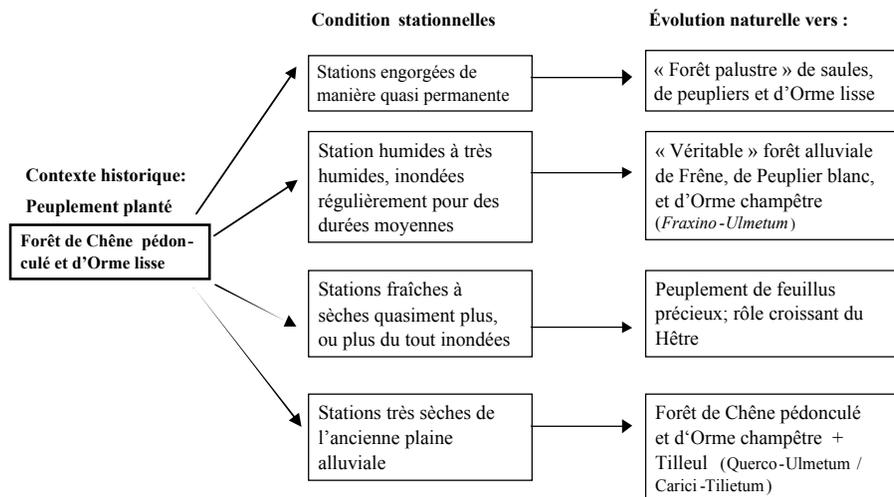


Figure 16: Évolution naturelle des forêts sur les 4 groupes de stations les plus importants de la plaine alluviale au niveau du Rhin canalisé.

RÉSUMÉ

Les recherches concernant la dynamique dans la réserve forestière du Taubergiessen font partie du projet INTERREG III «Conservation de la diversité écologique des forêts alluviales rhénanes» qui est réalisé en partenariat avec l'administration forestière française depuis 2002.

Entre 1984 et 1987, 142 placettes circulaires permanentes ont été installées et inventoriées dans la réserve forestière intégrale du Taubergiessen. De plus, 7 transects et 22 placettes carrées permanentes ont été installées et inventoriées à la fois dans la réserve forestière intégrale⁴ et dans la réserve forestière dirigée⁵ (Lange u. Reinhardt, 1988). Les résultats du deuxième inventaire en 2002/2003 des 22 placettes carrées permanentes d'une surface de 10,8 ha constituent la base de ce travail.

Les 22 placettes carrées permanentes se trouvent dans la zone inondable et dans l'ancienne plaine alluviale du Rhin canalisé. Les placettes carrées permanentes dans la réserve forestière dirigée sont, du point de vue de la station et des peuplements, pour la plupart comparables à celles de la réserve forestière intégrale, ce qui permet d'étudier l'influence des interventions sylvicoles sur l'évolution de ces forêts.

Dans la réserve forestière intégrale, on note de manière générale une diminution du nombre d'arbres à l'hectare mais également une diminution du nombre d'essences. Les essences en net recul sont avant tout les pionnières comme l'aulne blanc, le bouleau, l'érable champêtre, les saules et les peupliers mais également le chêne pédonculé. Pour d'autres essences en revanche, le nombre d'individus a augmenté dans la réserve forestière intégrale. C'est le cas pour le cerisier à grappes, le frêne, l'érable sycomore et l'orme champêtre.

⁴ Réserve forestière intégrale : Toute intervention est proscrite sauf la chasse.

⁵ Réserve forestière dirigée : Les interventions sylvicoles y sont réglementées.

Cette modification de la composition est très rapide et démontre la dynamique importante de ces associations forestières alluviales.

La surface terrière moyenne de 20 – 22 m² / ha dans la réserve forestière intégrale n'a que peu évolué par rapport au premier inventaire. Une exception concerne les stations particulièrement productives où la surface terrière est passée à plus de 30 m² / ha. Plus précisément, la surface terrière des essences pionnières citées plus haut est en forte diminution, alors que la surface terrière du frêne, du charme, du peuplier blanc et de l'érable sycomore a fortement augmenté dans la réserve forestière intégrale.

Les objectifs de la réserve forestière dirigée du Taubergiessen sont «le maintien et l'encouragement du chêne pédonculé et des essences accompagnatrices rares (pionnières)».

En de nombreux endroits, l'évolution dans la réserve dirigée est contraire à celle de la réserve intégrale. Les essences très dynamiques comme le frêne et l'érable sycomore ont vu leur surface terrière diminuer suite aux interventions sylvicoles. De plus, les mesures spécifiques visant à favoriser le chêne pédonculé ont permis, toujours dans la réserve dirigée, d'en faire augmenter la surface terrière. Dans ces peuplements gérés, le nombre d'individus à l'hectare ainsi que le nombre d'essences ont augmenté. Ainsi, le frêne et l'érable sycomore qui connaissent dans la réserve intégrale une augmentation du nombre de leurs individus, se retrouvent dominés par des espèces pionnières (aulne blanc, bouleau, érable champêtre, saules) dans la réserve dirigée.

La quantité de bois mort au sol a été en moyenne multipliée par quatre dans la réserve intégrale durant ces 20 dernières années, pour atteindre un volume d'environ 60 m³ / ha. De même, la quantité de bois mort sur pied avec 11 m³ à l'hectare est également très importante.

Grâce à la comparaison du premier et du second inventaire des placettes carrées permanentes dans tous les niveaux de forêts alluviales et grâce à l'évolution comparée dans les réserves intégrales et dirigées, on a pu pronostiquer la composition des phases de peuplements matures et ouverts (pionniers) dans la région du Taubergiessen.

La présente étude concerne les réserves forestières intégrale et dirigée du Taubergiessen qui n'est une zone plus que partiellement inondée de la plaine alluviale originelle du Rhin supérieur. Elle démontre que les interventions sylvicoles sont nécessaires à la conservation de nombreuses essences (saules, peupliers, aulne blanc, chêne pédonculé), d'associations forestières (forêts de chêne pédonculé et d'orme champêtre) et de la diversité spécifique et structurelle de ces peuplements des plaines alluviales.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Untersuchungen zur Dynamik im Waldschutzgebiet Taubergiessen sind ein Teil des INTERREG III-Projektes „Erhaltung der ökologischen Vielfalt der Rheinauwälder“, das seit 2002 in Zusammenarbeit mit der französischen Forstverwaltung bearbeitet wird.

Zwischen 1984 und 1987 sind im Bannwald Taubergiessen 142 Probekreise für die Forstliche Grundaufnahme (FGA) dauerhaft vermarktet und aufgenommen worden. Zusätzlich wurden 7 Transekte und 22 Dauerquadrate im Bann- und im Schonwald angelegt und aufgenommen (Lange u. Reinhardt, 1988). Die Wiederholungsaufnahmen in den Jahren 2002 und 2003 der 22 Dauerquadrate, mit einer Gesamtfläche von 10,8 ha, sind Grundlage der vorliegenden Untersuchung.

Die 22 Dauerquadrate liegen in der Überflutungsauwe der Staubebereiche und im Bereich der Altaue. Die Dauerquadrate im Schonwald sind vom Standort und vom Bestand her zum größten Teil mit denen im Bannwald vergleichbar, so daß der Einfluss der Bewirtschaftung auf die Entwicklung der Waldbestände dokumentiert werden kann.

Im Bannwald ist generell eine Abnahme der Individuenzahl der Bäume pro Hektar und auch eine Abnahme der Anzahl der Baumarten festzustellen. Vor allem die Pioniere Grauerle, Birke, Feldahorn, die Weiden- und Pappelarten, aber auch die Stieleiche haben stark abgenommen. Bei anderen Baumarten jedoch, wie der Traubenkirsche, der Esche, dem Bergahorn und der Feldulme hat die Individuenzahl auch im Bannwald zugenommen. Dieser Baumartenwechsel verläuft sehr rasch und zeigt die hohe Dynamik der Auewaldgesellschaften.

Die Grundfläche hat sich im Bannwald im Durchschnitt im Vergleich zur Erstaufnahme wenig verändert. Sie liegt bei 20 – 22 m² / ha. Ausnahmen bilden sehr wuchskräftige Standorte mit einer Zunahme der Grundfläche von teilweise über 30 m² / ha. Die Tendenz in allen Dauerquadraten ist jedoch eine starke Abnahme der Grundfläche bei den oben genannten Pionierbaumarten. Im Gegensatz dazu zeigen die Esche, die Hainbuche, die Silberpappel und der Bergahorn die größte Zunahme der Grundfläche im Bannwald.

Ziele der Schonwaldverordnung Taubergiessen sind die «Erhaltung und Förderung der Stieleiche und der seltenen Mischbaumarten (Pioniere)».

Im Schonwald verläuft die Entwicklung in vielen Punkten konträr zum Bannwald. Durch die Eingriffsmaßnahmen im Schonwald ist die Grundfläche der konkurrenzstarken Baumarten Esche und Bergahorn zurückgegangen. Auf Grund der gezielten Förderung der Stieleiche konnte ihre Grundfläche im Schonwald sogar erhöht werden. In den bewirtschafteten Beständen wurde im Allgemeinen die Individuenzahl pro Hektar und auch die Anzahl der Baumarten erhöht. Während im Bannwald vor allem Esche und Bergahorn zugenommen haben, wurden diese Baumarten im Schonwald zugunsten von Pionierbaumarten (Grauerle, Birke, Feldahorn, Weidenarten) zurückgedrängt.

Das liegende Totholz hat sich im Bannwald im Durchschnitt in den knapp 20 Jahren vervierfacht, und hat damit ein Volumen von rund 60 m³ pro Hektar. Auch das stehende Totholz ist mit 11 m³ pro Hektar sehr hoch.

Durch den Vergleich der Erst- mit den Zweitaufnahmen der Dauerquadrate auf allen Auestufen und die Gegenüberstellung der Entwicklung in Bann- und Schonwäldern, werden für das Taubergiessengebiet die Baumartenzusammensetzung der Schlusswald- und der Aufflichtungsphase prognostiziert.

Die vorliegende Untersuchung im Bann- und Schonwald Taubergiessen, einem nur noch teilweise überfluteten ehemaligen Auewald des Oberrheins, zeigt, dass die Kulturtätigkeit des Menschen hier für die weitere Existenz mancher Baumarten (Weiden, Pappeln, Grauerle, Eiche), von Waldgesellschaften (Stieleichen-Feldulmen-Wälder) und für die Erhaltung einer hohen Arten- und Strukturvielfalt der Gehölze notwendig ist.

SUMMARY

The studies into the forest dynamics in the nature reserve at Taubergießen are part of the INTEREG III project «Erhaltung der ökologischen Vielfalt der Rheinauwälder» (Preservation of the ecological variety of the Rhineland riparian forests), which has been carried out in cooperation with the French forestry administration since 2002.

Between 1984 and 1987, 142 sample plots have been permanently marked and regularly monitored in the strictly protected forest reserve at Taubergießen for the initial forest inventory (FGA). In addition, seven transects and 22 permanent quadrants have been established and monitored in the strictly protected forest reserve as well as in the sensitively managed forest (Lange and Reinhardt, 1988). The repetition sampling of the 22 quadrants that took place in 2002 and 2003, with a total area of 10.8 ha, form the foundation of the study presented here.

The 22 permanent quadrants lie in the flooding zone of the channelled water utilisation section and in the former river course area. In terms of site and forest stand, the permanent quadrants in the sensitively managed forest are generally comparable with those in the strictly protected forest reserve. In this way a documentation of the management's influence on the development of the forest stands is possible.

In the strictly protected forest reserve a general reduction in the number of trees per hectare as well as a reduction in the number of tree species can be observed. Most importantly, the pioneer species alder, birch, field maple, willow and poplar species as well as the common oak show a reduction in numbers. Other tree species, however, such as bird cherry, ash sycamore and elm showed an increase in numbers even in the strictly protected forest reserve. This change in tree species composition takes place very quickly and shows the highly dynamic nature of the riparian forest societies.

The basal area in the strictly protected forest reserve has, on average, changed very little when compared to the initial sampling. The basal area is around 20 – 22 m² / ha per year. Exceptions can be found on highly productive sites with a basal area increase of sometimes more than 30 m² / ha. The trend in all permanent quadrants is, however, a clear reduction in the basal area of the

pioneer species mentioned above. In contrast, ash, hornbeam, poplar and sycamore show the greatest increase in basal area in the strictly protected forest reserve.

The aims of the sensitively managed forest decree for Taubergeißen are the maintenance and development of the common oak and the less common secondary tree species (pioneers).

In the sensitively managed forest the development differs from that of the strictly protected forest reserve in several respects. Through the intervention measures in the sensitively managed forest the basal area of the most competitive tree species (ash and sycamore) has declined. Due to deliberate promotion, the basal area of the common oak in the sensitively managed forest could even be increased. In the managed stands generally the number of stems per hectare as well as the species richness increased. Whilst predominately ash and sycamore have increased in the strictly protected forest reserve, these tree species have been cut back in the sensitively managed forest to aid the pioneer species (alder, birch, field maple and willow species).

During the time span of nearly 20 years lying dead wood has, on average, increased in the strictly protected forest reserve fourfold, resulting in an average volume of 60 m³ per hectare. Standing dead wood is, with a volume of 11 m³ per hectare, very high.

Through the assessment of the first and second quadrant monitoring on all riparian levels, as well as the comparison between the strictly protected forest reserve and the sensitively managed forest, the tree species composition in the final forest as well as during human induced opening up can be predicted.

The study presented here concerning the strictly protected and sensitively managed forest reserves at Taubergießen, a partially flooded former riparian forest in the upper Rhine area, shows that human intervention is necessary for the existence of certain forest components. These components include the tree species willow, poplar, alder, and oak as well as the existence of forest societies (common oak-elm forests) and the preservation of a high species and structural variety.

BIBLIOGRAPHIE

- Aldinger, E.; Hübner, W.; Michiels, H.G.; Mühlhäuser, G.; Schreiner, M. u. Wiebel; M.** (1998): Überarbeitung der standortkundlichen regionalen Gliederung im Südwestdeutschen standortkundlichen Verfahren. Mitteilungen des Vereins für Forstliche Standortskunde und Forstpflanzenzüchtung 39, 5 – 67.
- Bannwalderklärung der Forstdirektion Freiburg** (1986).
- Boeuf, R.; Hauschild, R.** (2000): Typologie des stations forestières de la vallée rhénane entre St- Louis et Lauterbourg. Office National des Forêts – Direction Régionale Alsace, 111 S.
- Boeuf, R.** (2004): Office National des Forêts (ONF), Service d'Appui technique (SAT) Straßburg, pflanzensoziologische Aufnahmen in der elsässischen Rheinaue im Rahmen des LIFE-Projektes " Rhin vivant ", unveröffentlicht.
- Bücking, W.; Reinhardt, W.** (1985): Vegetationskundliche Forschung im neuen Bannwald im Naturschutzgebiet Taubergiessen. Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.Württ. 59/60, 143- 174.
- Bücking, W.** (1987): Naturwaldreservate der badischen Rheinaue. Zustandserfassung und künftige Entwicklung. – Paper am Institut für Waldbau, Universität für Bodenkultur Wien im Rahmen des 2. Österreichischen Urwaldsymposiums der IUFRO-Gruppe Urwald in Gmunden 1987, 115 – 138.
- Bücking, W.** (1989): Naturwaldreservate der badischen Rheinaue. Konzept der Zustandserfassung und Ausblick auf die künftige Entwicklung. Mitt. Bad. Landesverb. Naturkunde u. Naturschutz. N.F. 14, 957 – 979.
- Carbiener, R.** (1974): Die linksrheinischen Naturräume und Waldungen der Schutzgebiete von Rhinau und Daubensand. Natur- und Landschaftsschutzgebiete in Baden-Württemberg 7, 438 – 535.
- Carbiener, R. ; Schnitzler, A.** (1988): L'évolution des caractéristiques hydrologiques et phytosociologiques des forêts alluviales rhénanes de la plaine alsacienne en tant que base scientifique de la constitution de réserves naturelles. Colloques phytosociologiques XV " Phytosociologie et conservation de la nature " (Strasbourg 1987), 605 – 634. Berlin (Cramer).
- Deiller, A.-F.; Walter, J.-M.; Trémolières, M.** (2001) : Effects of Flood Interruption on Species Richness, Diversity and Floristic Composition of Woody Regeneration in the Upper Rhine Alluvial Hardwood Forest. Regulated Rivers, Research & Management 17, 393 – 405.
- Durand, E.** (1998 A): Contribution à la connaissance de l'histoire des forêts du Rhin en réserve naturelle d'Erstein – du XVIII siècle à 1960. Office National des Forêts (ONF), Service d'Appui technique (SAT) Colmar, 46 S. + Anhang.

- Durand, E.** (1998 B): Aménagement de la forêt domaniale de Marckolsheim, Office National des Forêts (ONF), Service d'Appui technique (SAT) Colmar, 120 S. + Anhang.
- Durand, E.** (2000) : Dossier scientifique de création de la réserve naturelle volontaire agréée du Rhinwald Centre-Alsace, Office National des Forêts (ONF), Service d'Appui technique (SAT) Colmar, 200 S. + Anhang.
- FE** - Forsteinrichtungswerke Gemeindewald Rust 1857 bis 1988; Forsteinrichtungswerk Gemeindewald Kappel 1978 bis 1988 - Staatliches Forstamt Ettenheim.
- FGA** (1986): Forstliche Grundaufnahme Taubergiessen. Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, unveröffentlicht.
- FGA** (2003): Forstliche Grundaufnahme Taubergiessen. Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, unveröffentlicht.
- FVA** - Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg - (1974): Forstliche Standortskartierung Taubergiessen, Fbz. Ettenheim, Fbz. Kenzingen, unveröffentlicht.
- FVA** - Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (2004): Forstliche Standortskartierung Breisach, Weisweiler Rheinwald, Fbz. Breisach, Fbz. Kenzingen, unveröffentlicht.
- Girardot, M.** (2004): Erfassung und Entwicklung der Bestandesstruktur der Rheinwälder. Diplomarbeit an der Forstwissenschaftlichen Fakultät Freiburg-Institut für Landespflege, 81 S. + Anhang
- GWD** - Gewässerdirektion Südlicher Oberrhein / Hochrhein Lahr - (2004): unveröffentlichtes Kartenmaterial.
- Hauschild, R.; Karra, C.** (1992): Évaluation de la qualité phytoécologique des sites rhénans situés à la hauteur des biefs de Gerstheim et Marckolsheim. Gutachten bei : Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt du Bas-Rhin (DDAF), Straßburg, 103 S.
- Hauschild, R.** (1999): Forstliche Standortsgliederung der nordelsässischen Rheinebene. Mitt. Ver. Forstl. Standortskunde u. Forstpflanzenzüchtung 40, 7 - 21.
- Hauschild, R.** (2004): Untersuchung der Beziehung der Standortsfaktoren und Waldvegetation in der deutsch-französischen Rheinaue mittels multivariater Analyse. Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, unveröffentlichtes Manuskript.
- Hohlfeld, F.; Ullrich, Th.** (2002): Vögel im Bannwald „Weisweiler Rheinwald“ am Oberrhein. Freiburger Forstliche Forschung 18, 121 - 130.

- Hügin, G.; Henrichfreise, A.** (1992): Vegetation und Wasserhaushalt des rheinischen Waldes. Naturschutzbewertung der badischen Oberrheinaue. Schriftenreihe für Vegetationskunde 24, 48 S. Bonn-Bad Godesberg.
- Issler, E.** (1924): Les associations végétales des Vosges méridionales et de la plaine rhénane avoisinante, 1 : les forêts feuillues. Bull. Soc. Hist. Nat. Colmar 17, 1 – 67 (S. 33 – 34).
- Kegler, H.-H.** (1999): Der Bannwald Hechtsgraben. Berichte Freiburger Forstliche Forschung 15, 39 S.
- Knebel, J.** (2003): Die Rheininsel bei Marckolsheim (Elsass). Analyse und Dokumentation der Nutzungsgeschichte sowie Entwurf eines zweisprachigen historisch-naturschutzfachlichen Lehrpfades. Diplomarbeit an der Fachhochschule Nürtingen – Fachbereich Landschaftsarchitektur, Umwelt- und Stadtplanung, 141 S. + Karten + Anhang + CD.
- König, E.** (1997): Einfluss des Rehwildverbisses auf die natürliche Verjüngung. AFZ / Der Wald 52, 320 – 323.
- Krause, W.** (1974): Das Taubergiessengebiet. Beispiel jüngster Standortgeschichte in der Oberrheinaue. Natur- und Landschaftsschutzgebiete in Baden-Württemberg 7, 147 – 172.
- Lauterwasser, E.; Hauck, J.** (1987): Wald, Forstwirtschaft und Naturschutz im Taubergiessengebiet. Gutachten zur künftigen Waldbehandlung. Schriftenreihe LFV 64. 158 S.
- Lohmeyer, W.; Trautmann, W.** (1974): Zur Kenntnis der Waldgesellschaften des Schutzgebietes „Taubergiessen“. Erläuterungen zur Vegetationskarte. In LNL: Das Taubergiessengebiet, eine Rheinauenlandschaft. Die Natur- und Landschaftsschutzgebiete Baden-Württembergs 7, 422 – 437.
- Lange, E.; Reinhardt, W.** (1984 – 1985): Forschungsarbeiten im Naturschutzgebiet Taubergiessen. Unveröff. Zwischenberichte 1983 – 1985. FVA.
- Lange, E.; Reinhardt, W.** (1988): Zwischenbericht zu den forstlichen und vegetationskundlichen Arbeiten im Bann- und Schonwald Taubergiessen. Unveröff. FVA.
- Michiels, H.-G.** (2000): Der natürliche Wald – ein Leitbild für den naturnahen Waldbau in der Oberrheinaue?. Mitt. Ver. Forstl. Standortkunde und Forstpflanzenzüchtung 40, 23 – 34.
- Michiels, H.-G.; Aldinger, E.** (2002): Forstliche Standortgliederung in der Badischen Rheinaue. AFZ – Der Wald 15, 811 – 815.
- Müller, Th.** (1974): Gebüschgesellschaften im Taubergiessengebiet. In: Das Taubergiessengebiet. Natur- und Landschaftsschutzgebiete Baden-Württemberg 7, 400 – 421.

- Oberdorfer, E.** (1953): Der europäische Auenwald. Beiträge zur naturkundlichen Forschung in Südwestdeutschland, Band XII, Heft 1, 23 – 70.
- Oberdorfer, E.** (1957): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. Pflanzensoziologie 10, 564 S.
- Osternann, R.** (2004): Vegetationsdynamik in Bannwäldern des Taubergiessengebietes. Waldschutzgebiete Baden-Württemberg, Bd. 4, 78 S.
- Pisoke, T.** (2000): Die Waldstruktur im Bannwald Taubergiessen. Eine Luftbilddauswertung im strukturreichen Auewald. Freiburger Forstliche Forschung 22, 103 S.
- REKLIP** (Trinationale Arbeitsgemeinschaft Regio-Klima-Projekt; 1995): KlimaAtlas. Oberrhein Mitte Süd – Zürich: vdf Hochschulverlag AG ETH Zürich, 212 S.
- Sanchez-Perez, J.-M.** (1992) : Fonctionnement hydrochimique d'un écosystème forestier inondable de la plaine du Rhin. Thèse d'État, CEREG. Université Louis Pasteur Strasbourg.
- Schnitzler, A.** (1988): Typologie phytosociologique, écologique et dynamique des forêts alluviales du complexe géomorphologique ello-rhénan (Plaine Rhénane centrale d'Alsace). Thèse de 3e cycle, Université Louis Pasteur, 494 S.
- Schonwalderklärung der Forstdirektion Freiburg** (1986).
- Seibert, P.** (1992): Verband Alno-Ulmion. In: Oberdorfer, E: Süddeutsche Pflanzengesellschaften, 2. Auflage, Band IV: Wälder und Gebüsche, 282 S., Jena.
- Trémoilières, M. et al** (1991): Zones inondables, végétation et qualité de l'eau en milieu alluvial rhénan : L'île de Rhinau, un site de recherches intégrées. Bull. Ecol. 22 (3-4), 317 – 336.
- Ullrich, Th.** (2001) : Avifaunistische Untersuchungen im Bannwald " Weisweiler Rheinwald ". Mitt. Ver. Forstl. Standortskunde u. Forstpflanzenzüchtung 41, 45 – 55.
- Ullrich, Th.** (2000) : Kontrollzäune in Bannwäldern. Unveröff. Arbeitsbericht. FVA, 24 S.
- Volk, H.** (2000): Neue Ergebnisse der Auewaldforschung am Rhein. Angewandte Landschaftsökologie 37, 23 – 32
- Volk, H.** (2001): Auewaldforschung am Rhein – welche Wälder sind auetypisch? Natur- und Landschaft 76 (12), 520 – 530
- Volk, H.** (2002): Zur Natürlichkeit der Esche (*Fraxinus excelsior* L.) in Flussauen Mitteleuropas. Forstwissenschaftliches Centralblatt 121, 128 – 137.
- Zahradnik, J.** (1985): Käfer Mittel- und Nordwesteuropas. Parey Berlin, 498 S.