

Étude de cas dans la forêt domaniale de Habsburg

Décembre 2020 / Novembre 2022 / Traduction 2024



Figure 1 : Arbre habitat insolite sur la surface de chablis de Habsburg, non traitée après Lothar. A gauche du centre de l'image, on reconnaît un chêne (ruban jaune) dont le DHP est de 26,9 cm.

Environ 20 ans après la tempête Lothar, sur une surface de chablis non-traitée, dans la réserve forestière de Habsburg, ce ne sont pas les hêtres qui dominant, sur une hêtraie pourtant très fertile, mais une forêt mélangée très diversifiée avec de nombreuses essences d'avenir. Une nouvelle méthode, permet d'estimer le nombre de chênes, de douglas et de

cerisiers qui seront encore présents dans les 50 prochains années, sur cette surface de 9,18 hectares, sans interventions de soins.

Lieu	Habsburg AG, forêt domaniale	
Altitude	420 – 430 m	
Géologie	Molasse marine supérieure	
Sol	Sol brun lessivé, sol brun	
Station forestière		
Mode de régénération	Rajeunissement naturel	
Procédé de rajeuniss.	Tempête Lothar 1999	
Surface	9.18 ha	
Propriétaire	Canton d'Argovie	
Gestionnaire	Forstbetrieb Birretholz	

Valeurs des normes climatiques station Buchs/Aarau ([MeteoSuisse](https://www.meteosuisse.ch)) et scénarios climatiques CH2018.

	Normes climat. 1961-1990	Normes climat. 1991-2020	Scénario RCP2.6 2080	Scénario RCP8.5 2080
Précipitations annuelles	936 mm	920 mm	-5.5 à +10.6 mm	-5.4 à +10.6 mm
Températures moyennes	8.7°	10.0°	+0.6° à +1.9°	+3.3° à +5.4°



Documentation de l'adaptation aux changements climatiques

Table des matières

1	Introduction.....	3
1.1	Les défis du changement climatique.....	3
1.2	Processus d'adaptation	3
2	Étude de cas "Habsburg" (AG).....	3
2.1	Objectif	3
2.2	Zone d'étude "Habsburg, Galgehübel" (AG)	4
2.3	Situation et conditions de stations.....	5
2.4	Situation avant l'ouragan Lothar.....	6
2.5	Méthode de relevé	6
3	Résultats.....	8
3.1	Nombre et répartition des arbres d'essences d'avenir.....	8
3.2	Nombre d'arbres de place par essence et par date d'intervention	10
3.3	Essences d'avenir avec un potentiel d'arbre de place par hectare selon l'essence et la date d'intervention.....	12
3.4	Influence de la structure du peuplement.....	14
3.5	Conséquences d'un manque de gestion des forêts	16
3.6	Modification des rapports de concurrence ?	18
4	Conclusions.....	18
5	Remerciements.....	19
6	Bibliographie	19

Impressum

Auteur : Peter Ammann

Projet : Intégration des connaissances issues du programme de recherche Forêt et changement climatique dans la formation continue en sylviculture

Mandant : Office fédéral de l'environnement OFEV-(contrat 00.5052.PZ / R123-1153)

Mandataire : WALD+BAUm, Valler 13, 7477 Filisur

Traduction en français : Maude Ehrbar

Projet : «Études de cas sur l'adaptation aux changements climatiques»

Mandant : Office fédéral de l'environnement OFEV (contrat de recherche 19.0051.PJ / 3AC510E6A)

Mandataire : Centre forestier de formation Lyss, Centre de sylviculture

Direction du projet : Dr. Peter Ammann



Fachstelle Waldbau
Centre de sylviculture
Centro per la Selvicoltura

1 Introduction

1.1 Les défis du changement climatique

Le changement climatique nous met face à des défis majeurs. Les écosystèmes forestiers doivent s'adapter à une situation qui évolue très vite. Certaines essences rencontrent des difficultés face aux conditions plus chaudes et plus sèches ; les perturbations dues aux tempêtes, aux insectes ou aux périodes de sécheresse extrême ont tendance à augmenter. De nouvelles maladies, telles que le flétrissement du frêne apparaissent également.

Les forêts devraient être gérées afin de maintenir les prestations forestières attendues. En d'autres termes, elles doivent pouvoir fournir un niveau de services écosystémiques certes réduit, mais néanmoins suffisant. De manière générale, leur résistance et leur résilience aux perturbations, ainsi que leur capacité d'adaptation doivent être renforcées. A cet effet, cinq principes d'adaptation concrets ont été formulés (BRANG et al. 2016) : **augmenter la diversité des essences, la diversité des structures et la diversité génétique, augmenter la résistance des arbres individuels aux perturbations et réduire la période de révolution ou le diamètre cible**. Pour ce faire, il convient de mettre en œuvre les mesures sylvicoles classiques telles que le rajeunissement, les soins aux jeunes peuplements, l'éclaircie, etc.

1.2 Processus d'adaptation

Dans la loi forestière du canton d'Argovie, la sylviculture proche de la nature est définie par les termes "régénération naturelle", "adapté à la station" et "processus naturels". Non seulement la gestion forestière "normale", mais aussi l'adaptation des forêts aux changements climatiques devrait s'effectuer de la manière la plus proche possible de la nature. Ce principe garantit de minimiser les coûts et les risques. Bien que sur le long terme, les forêts puissent s'adapter d'elles-mêmes et s'orienter vers un nouvel équilibre (encore inconnu dans le détail), la préservation des prestations forestières nécessite, au vu de la vitesse du réchauffement, une gestion spécifique.

Les situations clés sont celles du rajeunissement de la forêt et la phase suivante des soins aux jeunes peuplements, car c'est là que la composition des essences peut être influencée. C'est le moment crucial qui détermine si une essence sera présente dans le futur peuplement ou non.

Alors que les rajeunissements planifiés se déroulent souvent lentement, favorisant les essences qui dominaient dans l'ancien peuplement (généralement des essences d'ombre et concurrentielles), les rajeunissements plus rapides et à grande échelle créent, au contraire, des conditions propices pour des transformations significatives. Ces conditions peuvent être créées consciemment au travers de courtes périodes de rajeunissement (coupes d'abri) et/ou de surfaces de rajeunissement relativement grandes (coupes progressives, coupes de lisière). Ou alors, elles sont la conséquence de perturbations, dans quel cas, la nature se charge elle-même de créer les conditions optimales en vue d'une adaptation rapide.

2 Étude de cas "Habsburg" (AG)

2.1 Objectif

La grande surface touchée par Lothar dans la forêt domaniale de Habsburg présente globalement de bonnes conditions en vue de son adaptation aux changements climatiques : le rajeunissement s'est établi spontanément sur une grande surface qui n'était, en partie, pas encore pré-rajeunie. Par conséquent, la situation était très favorable pour les essences de lumière et donc également pour une large diversité d'essences. La particularité de l'exemple de Habsburg est qu'aucune intervention de soins n'a eu lieu et que les chablis n'ont pas été évacués. Les essences d'avenir ont-elles tout de même réussi à s'affirmer

dans les 21 ans suivant la tempête Lothar ? Combien d'arbres par essence sont encore utilisables du point de vue sylvicole et à quel moment ? Qu'aurait-il été possible de réaliser en intervenant plus tôt ? Il s'agit là de questions clés qui permettent également de tirer des conclusions quant aux coûts de l'adaptation.

La présente étude de cas vise à rendre compréhensibles les processus d'adaptation qui se déroulent naturellement. Les évolutions positives et les processus naturels doivent être reconnus et servir d'exemple. Les facteurs ayant un effet négatif doivent également être reconnus et évités. Des directives opérationnelles d'une gestion forestière adaptative sont à concrétiser.

2.2 Zone d'étude "Habsburg, Galgehübel" (AG)

La forêt en question, située à proximité de la ville de Brugg, appartient au canton d'Argovie et se trouve sur le territoire de la commune de Hausen AG. La région est chargée d'histoire ; à proximité se trouvent des vestiges du camp romain de Vindonissa, la ville médiévale de Brugg avec son très ancien pont traversant l'Aar, le château des Habsburg, ainsi que le couvent de Königsfelden, fondé en 1308, et son église connue pour ses vitraux. Sur le "Galgehübel" se trouvait le lieu d'exécution de l'Eigenamt (office de Königsfelden). C'est ici qu'a eu lieu la dernière exécution, le 17 juillet 1806 : Barbara Obrist, 36 ans, qui avait empoisonné son compagnon.



Après la tempête Lothar, qui a brutalement bouleversé le paysage le 26 décembre 1999 (fig. 2), la direction des forêts domaniales a décidé de laisser la surface de chablis de Habsburg, d'environ 30 hectares, sans intervention et de la désigner comme zone de recherche. Les chablis n'ont pas été évacués et aucune intervention de soins n'a été effectuée. Avec plusieurs centaines de mètres cubes de bois à terre par hectare, la surface de chablis était difficile d'accès.

Figure 2 : Vue sur la zone de chablis Habsburg en octobre 2001, 2 ans après la tempête (photo U. Wasem).

A l'exception d'un groupe d'épicéas planté avant Lothar (cf. chap. 3.4), l'ensemble du peuplement est issu de rajeunissement naturel. Après Lothar, aucune intervention n'a eu lieu : ni récolte de bois, ni nettoyage du parterre de coupe, ni plantation, ni soins aux jeunes peuplements. Les routes forestières concernées n'ont été que partiellement dégagées. Une route forestière a été abandonnée et n'est plus reconnaissable en tant que telle. Pour que le public puisse accéder et découvrir cette surface, un sentier pédestre a été aménagé. Au début, celui-ci passait par-dessus et par-dessous des troncs et contournait des souches. Ce cheminement sauvage en zigzag, très apprécié par la population, s'est vu attribuer des noms tels que "Sentier des Indiens" ou "Sentier d'Ho Chi Minh".

En 2013, la surface a été classée comme réserve forestière ordinaire avec une renonciation à l'exploitation pendant 50 ans moyennant une compensation financière. Le contrat est en vigueur jusqu'en 2063, garantissant ainsi la pérennité de ce vaste laboratoire en plein air, offrant des opportunités intéressantes pour l'étude des dynamiques forestières naturelles. Divers groupes ont déjà profité de cette surface

Étude de cas adaptation aux changements climatiques : Forêts domaniales Habsburg AG (département des forêts du canton d'Argovie, diverses entreprises forestières, Fédération sylvicole suisse).

Jusqu'à présent, la surface de tempête de Habsburg a été traitée dans les études suivantes (la liste n'est sans doute pas exhaustive) :

- Wohlgemuth, T., & Kramer, K. 2015 : Waldverjüngung und Totholz in Sturmflächen 10 Jahre nach Lothar und 20 Jahre nach Vivian. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 166(3), 135-146.
- Näf, Ph., 2014 : Natürliche Wiederbewaldung nach grossflächigem Windwurfereignis.
- Ammann, P., 2020 : Wachstumspotential der Birke im Schweizer Mittelland. www.waldbau-sylviculture.ch
- Vogel, E., 2021 : Wachstum und Waldleistung von Pionierbaumarten auf Sturmflächen.
- Zweifel, S., 2022 : Analyses of tree regeneration after windthrow in a central Swiss forest : testing a forest succession model's abilities.

La surface de chablis peut être grossièrement divisée en trois "types de peuplements pour le reboisement des surfaces de chablis", qui sont décrits dans AMMANN (2020). Le travail de bachelor de VOGEL (2021) se base également sur cette typologie.

- Type de peuplement 1 : rajeunissement naturel dense avec des essences d'ombre, généralement après un rajeunissement préexistant.
- Type de peuplement 2 : Parties sans régénération préexistant, sur lesquelles des essences pionnières et des essences de lumière ont pu s'établir.
- Type de peuplement 3 : surfaces déjà colonisées par la fougère aigle et la ronce avant la tempête (blocage de la régénération). Lacunaire, avec peu d'arbres préexistant, souvent de mauvaise qualité (arbres biotopes).

En raison du bois couché, des souches levées et de leurs trous, du rajeunissement naturel dense (type 1) et de l'envahissement par les ronces et la fougère aigle (types 2 et 3), la surface Lothar est restée longtemps très inaccessible. Ces dernières années, la surface est devenue nettement plus praticable et il est plus facile d'avoir une vue d'ensemble. Aujourd'hui, près de 22 ans après la tempête, la surface est à nouveau facilement accessible. Néanmoins, il s'est avéré judicieux de faire les relevés en hiver, après le flétrissement automnal des zones couvertes de fougère aigle (décembre 2020 et mars 2022).

2.3 Situation et conditions de stations

La surface d'étude de 9,18 hectares est située sur un terrain plat à une altitude de 420 à 430 m. Le type de station 7aa prédomine sur la majeure partie de la surface. Il s'agit d'une hêtraie à aspérule typique, dans sa version pauvre en espèces. Le sol est frais et légèrement plus acide que la station 7a typique. Ainsi, nous nous trouvons dans l'optimum du hêtre. Néanmoins, puisque la station n'est pas extrêmement acide, les conditions sont également bonnes pour les feuillus nobles tels que les érables sycomores et les cerisiers. De ce fait, la marge de manœuvre sylvicole est relativement grande, néanmoins (habituellement) uniquement à l'aide d'interventions de soins. La probabilité que des essences tels que les chênes, les douglas, les pins ou les mélèzes s'y établissent sans aucune intervention de soins est très faibles. Ce pourrait plutôt être le cas sur des stations encore plus acides, comme la 7c(7*) ou également plus sèches comme les stations 1 et 6a.

2.4 Situation avant l'ouragan Lothar

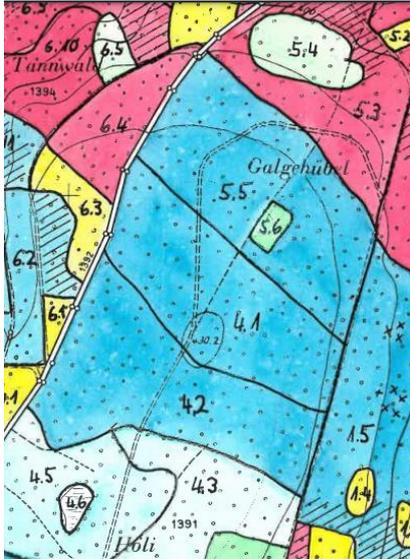


Figure 3 : Carte des peuplements en 1986 ; état 14 ans avant l'ouragan Lothar.

D'après le plan de gestion de 1986, le dernier avant l'ouragan Lothar, il s'agissait de peuplements aux stades de la moyenne et vieille futaie (Fig. 3). Le peuplement 4.1 était composé à 80% de résineux comportant des arbres semenciers de pins sylvestres (30%) et de mélèzes (isolés). Dans le peuplement 4.2, composé à 100% de résineux, quelques pins et douglas ont été documentés. Dans le peuplement 5.3, la part de résineux représentait 80%, dont des pins sylvestres (40%) et quelques mélèzes isolés. Finalement, le peuplement 5.5 était composé à 90% de résineux et des pins (20%), des mélèzes (5%), ainsi que des pins Weymouth (5%) ont été documentés comme arbres semenciers. Un Thuya se tient encore sur la surface et plusieurs sont couchés (en partie encore vivants avec de "jeunes arbres" issus de multiplication végétative). Au moment de l'ouragan Lothar, ces 4 peuplements avaient entre 80 et 130 ans. Les arbres semenciers, du moins les conifères, y ont donc été documentés. Dans le peuplement 4.5 (autour de l'étang aux joncs, 4.6), le chêne, le bouleau (!) et le charme sont également documentés (au total 20% de feuillus en comprenant le hêtre). Ce peuplement, âgé à l'époque de 70 ans, se trouvait légèrement plus au sud de la surface d'étude. Le rajeunissement naturel sur la surface de chablis a sans doute profité de ces arbres semenciers.

2.5 Méthode de relevé

Le peuplement a été divisé en bandes de 20 m de large au moyen d'un SIG. Celles-ci ont été placées parallèlement aux troncs couchés (direction est-ouest ; le vent étant venu d'ouest durant Lothar), de sorte à devoir enjamber le moins de troncs possibles lors des relevés des bandes. À l'aide d'un appareil de terrain et d'un GPS précis (avec signal de référence), les bandes virtuelles ont été parcourues et les essences d'avenir ont été relevées et inventoriées. Un ruban a été posé sur le tronc de ces arbres de sorte qu'ils soient reconnaissables de loin. Cela a également facilité les relevés sur la bande suivante. La première partie des relevés a été effectuée en décembre 2020. Une période de végétation plus tard, en mars 2022, les relevés ont été poursuivis. La surface étudiée a ainsi pu être plus que doublée.

Essences:

- Les 8 essences d'avenir suivantes ont été relevées : chêne pédonculé, charme, cerisier, pin sylvestre, mélèze, douglas, pin Weymouth, thuya. Pour le mélèze, le statut d'essence d'avenir est discutable.
- Le charme n'a été relevé que sur la 1ère bande, car il s'est avéré que cette essence était très fréquente.
- Les essences dominantes, telles que le hêtre, l'épicéa, l'érable sycomore n'ont pas été relevées. Celles-ci sont fréquentes, le hêtre en particulier atteint déjà des proportions très élevées. De plus, il ne s'agit pas non plus d'essences d'avenir (le statut de l'érable sycomore est incertain).
- Les essences pionnières, telles que le bouleau, le peuplier tremble, le saule marsault et le sorbier des oiseleurs n'ont pas non plus été relevés. Le bouleau est particulièrement présent sur une grande partie de la surface et atteint des dimensions intéressantes ainsi que, par endroit, des proportions élevées (type 2; AMMANN 2020 et VOGEL 2021).
- Les arbres qui étaient déjà présents avant la tempête (ancien peuplement secondaire) n'ont pas été inventoriés. Par exemple, dans la partie sud-ouest de la surface inventoriée, le long de la

route principale, il y a un peuplement de charmes presque pur qui provient de l'ancien peuplement secondaire.

- Toutes les essences d'avenir ont été relevées, indépendamment de la qualité de leur tige. De manière frappante, les douglas et les pins, se trouvent très souvent sur des souches levées (sol brut), souvent sur des surfaces très clairsemées couvertes de fougères aigles. Ces arbres sont souvent tordus : ont une croissance en sabre. Ils ne se prêtent pas vraiment à la production de bois, mais constituent de bons arbres semenciers. La question se pose de savoir si ces arbres resteront stables et vigoureux à long terme. Dans les forêts de montagne, la régénération sur bois en décomposition semble donner des résultats satisfaisants. En effet, les arbres qui en résultent, qui sont comme montés sur des échasses, y sont durablement stables.

Répartition spatiale :

- Détermination de la position des arbres par GPS
- Représentation visuelle et modèles de distribution

DHP :

- Mesure de 2 diamètres à hauteur de poitrine, à angle droit l'un par rapport à l'autre
- Moyenne des deux mesures

État d'entretien/ urgence d'intervention :

- L'urgence d'intervention de soins a été évaluée par expertise à 6 moments différents (il y a 10 ans, il y a 5 ans, maintenant, dans 10, 20 ou 50 ans.
- Seuls les arbres qui auraient pu être définis comme candidats il y a 10 ans (selon l'évaluation actuelle) ont été pris en compte. Afin d'objectiver la sélection, un DHP de 10,0 cm a été utilisé comme valeur seuil. Une exception a été faite pour un if d'un DHP de 6,5 cm.
- Les exigences des essences (essence, dynamique de développement, compétitivité, réactivité) de l'arbre concerné et de son environnement (distances, situation spatiale) ont été prises en compte lors de l'évaluation.

Moment	Année	Description de l'urgence de l'intervention
-10	2011/12	L'arbre aurait dû être favorisé une première fois il y a 10 ans au plus tard
-5	2016/17	L'arbre aurait dû être favorisé il y a 5 ans
0	2021/22	Une première intervention maintenant serait prometteuse, l'arbre est capable de se développer
+10	2031/32	Il suffit probablement que l'arbre soit dégagé pour la première fois dans 10 ans.
+20	2041/42	L'arbre peut se développer encore 20 ans et aura toujours les caractéristiques d'un candidat
+50	2071/72	L'arbre sera encore dominant dans 50 ans et occupera durablement une place dans la strate supérieure

Tableau 1 : Classification des urgences d'intervention.

3 Résultats

3.1 Nombre et répartition des arbres d'essences d'avenir

Au total, 240 arbres ont été relevés. Les arbres d'essences d'avenir les plus fréquents étaient des charmes, suivi par les chênes et les cerisiers. Seuls 13 charmes ont été relevés, mais ce sur une surface beaucoup plus petite (1 seule bande ; 0,62 ha sur un total de 9,18 ha).

Essence	Nombre d'arbres	DHP moyen (cm)	Nombre par hectare
Charme	13	16.2	21.1
Cerisier	87	21.8	9.5
Chêne pédonculé	71	16.5	7.7
Pin sylvestre	21	19.9	2.3
Douglas	19	17.6	2.1
Thuya	11	18.4	1.2
Pin Weymouth	7	22.8	0.8
Mélèze	4	27.4	0.4
Houx	3	15.9	0.3
Noyer	2	20.4	0.2
Chêne rouge	1	21.9	0.1
If	1	6.5	0.1
Total	240	18.6	45.8

Tableau 2 : Aperçu des arbres d'essences d'avenir trouvés.

Les résultats montrent qu'en 2011/12 (tous les arbres recensés), il aurait été (théoriquement) possible d'obtenir, avec des interventions de soins appropriés, un peuplement présentant les valeurs suivantes à l'hectare : 21,1 charmes, 9,5 cerisiers, 7,7 chênes, 2,3 pins, 2,1 douglas, ainsi que quelques pins Weymouth, thuyas et mélèzes. Cela représente environ 45 arbres d'essences d'avenir par hectare.

Néanmoins, parmi ces arbres d'essences d'avenir, tous les individus n'auraient pas pu être définis comme arbres de place en raison de leur répartition spatiale, les distances étant parfois trop faibles (cf. fig. 4). En effet, même en étant relativement flexible sur les distances finales, selon le principe "vitalité avant qualité avant espacement" (AMMANN 2014), des distances de quelques mètres sont trop petites. Ainsi, un certain nombre d'arbres ne peut pas être comptabilisé. D'autre part, le nombre d'essences d'avenir et d'arbres de place augmente si les bouleaux et les peupliers trembles sont pris en compte. Néanmoins, en raison de l'abondance, en particulier des bouleaux, ceux-ci n'ont pas été relevés. Des saules marsault et des sorbiers des oiseleurs sont également présents. Ceux-ci sont certes une importants pour l'écologie du rajeunissement et la survie des essences de lumière, mais en raison de leur courte durée de vie et de leur petite taille, ils ne feront pas partie de la strate supérieure à long terme.

En partant du principe qu'en les favorisant de manière conséquente dès 2011, il aurait été possible que 50 arbres de place, parmi les essences d'avenir, s'établissent avec une distance raisonnable (y compris les bouleaux et les peupliers trembles), cela signifierait que ceux-ci pourraient représenter 50% du peuplement final (la moitié de 100 arbres par hectare dans la futaie). Ceci permettrait de partir sur de très bonnes bases en vue d'une adaptation. Ainsi, il y aurait non-seulement beaucoup d'arbres semenciers, mais des prestations forestières seraient aussi directement fournies. Par exemple, la disparition des hêtres et des épicéas pourrait probablement être absorbée par un tel peuplement, sans repartir de zéro et en évitant une diminution drastique des prestations forestières.

Il est impressionnant de constater qu'une adaptation de cette ampleur aurait été possible entièrement par rajeunissement naturel et sans intervention de soins dans les 11 premières années.

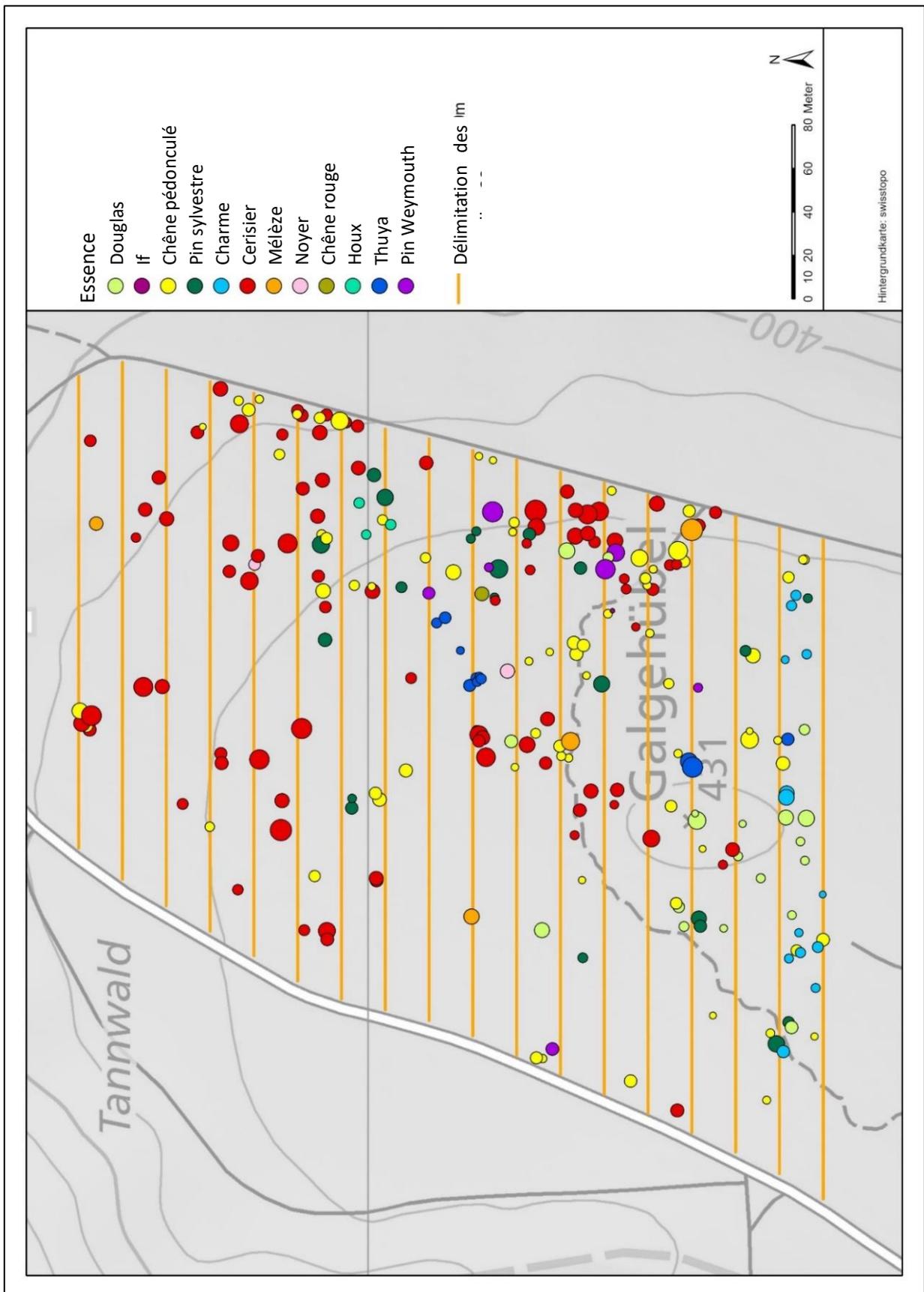


Figure 4 : Périmètre d'étude avec bandes de 20 m et arbres d'essences d'avenir relevés. Le DHP est représenté proportionnellement (agrandi d'un facteur 25). Délimité à l'ouest par la route communale Windisch-Habsburg et à l'est par une route forestière. Le "sentier des Indiens" traverse la surface de chablis. Le charme n'a été recensé que dans la bande la plus au sud.

3.2 Nombre d'arbres de place par essence et par date d'intervention

Le tableau 3 montre le nombre et le DHP moyen des essences en fonction de l'urgence d'intervention de soins. Les arbres qui auraient tout juste eu un potentiel de candidat il y a 10 ans sont aujourd'hui généralement assez minces (codominants, dominés). Le diamètre des arbres qui méritent encore d'être favorisés aujourd'hui est plus grand, ces arbres doivent être au moins dominants. Les arbres qui pourraient s'imposer de manière autonome à long terme sont encore nettement plus gros, car ils doivent pour cela être clairement prédominants.

Année d'intervention	-10 2011/12		-5 2016/17		0 2021/22		10 2031/32		20 2041/42		50 2071/72	
	n	DHP	n	DHP	n	DHP	n	DHP	n	DHP	n	DHP
Charme			1	10.4	2	12.4	7	16.1	2	19.4	1	24.0
Cerisier	59	20.2	23	24.9	5	25.9						
Chêne	29	12.6	14	15.5	18	18.9	7	23.8	2	25.8	1	28.5
Pin sylvestre	9	15.6	4	19.4	2	19.5	5	26.7	1	26.6		
Douglas	7	12.7	3	14.4	3	18.1	2	23.1	1	25.5	3	25.4
Thuya					3	15.7	4	16.0	2	15.8	2	30.0
Pin Weymouth	2	14.0			1	18.9	1	28.4	2	26.6	1	31.1
Mélèze	1	21.2			1	24.8	1	35.0			1	28.7
Houx							1	16.4	1	14.7	1	16.6
Noyer	1	18.5	1	22.4								
Chêne rouge							1	21.9				
If											1	6.5
Total	108	17.2	46	20.5	35	19.4	29	21.5	11	22.0	11	24.7

Tableau 3 : Nombre d'arbres et DHP moyen (cm) selon la date d'intervention. Le total des arbres de place toutes essences et toutes dates d'intervention confondues, s'élève à 240 unités.

Il existe également des différences en fonction de l'essence : pour les essences d'ombre telles que le charme, l'if, le houx et le thuya, des arbres avec un DHP relativement faible pourraient être des candidats et ce encore longtemps, même sans intervention, en raison de leur bonne capacité de réaction. Au contraire, pour les essences de lumière comme le merisier et le mélèze, des positions sociales plus élevées et donc des diamètres plus importants sont nécessaires.

La situation concrète de concurrence (essences voisines, distances, hauteurs des arbres, trouées dans les peuplements) joue un rôle important. L'exemple du mélèze illustre bien cette situation : Un mélèze avec un DHP de 35 cm est extrêmement vigoureux, mais directement entouré de hêtres dominants ; il est nécessaire d'intervenir au plus tard dans 20 ans. L'autre mélèze est plus mince (28,7 cm), mais il n'y a pas de hêtres vigoureux autour ; il n'est donc pas nécessaire d'intervenir dans les 50 prochaines années.

Selon le tableau 3, dans 50 ans, sans intervention, sur les 240 arbres mentionnés, il resterait 1 charme, 1 chêne (!), 3 Douglas, 1 mélèze, 2 thuyas, 1 pin Weymouth, 1 houx et 1 if. Les cerisiers et les pins n'auraient plus le potentiel de candidat d'ici là.

Autre constat : au cours des 10 dernières années, 154 individus parmi les essences d'avenir, soit plus de 18 arbres de place/ha, ont perdu leur aptitude sylvicole. Entre 2011/12 et 2016/17, la proportion d'arbres d'essences d'avenir "perdus" en termes d'aptitude sylvicole était plus de deux fois supérieure (108 ou 11,7/ha) à celle de la période 2016/17 à 2021/22 (46 ou 6,5/ha).

Les diamètres maximaux atteints après 21 ans (et sans intervention !) sont remarquables et témoignent d'une vitalité parfois très grande. Ainsi, il existe un chêne de 30,3 cm qui pourrait se développer de manière autonome pendant encore 20 ans. Le seul chêne qui serait encore présent dans 50 ans est certes un peu plus mince (28,5 cm), mais il n'a pas de fort concurrent direct puisqu'il se trouve en bordure d'une grande trouée à une distance suffisante des hêtres. Pour le cerisier, le diamètre maximal est même de 34,3 cm. Malgré cela, une intervention serait nécessaire maintenant pour tous les cerisiers ou aurait déjà été nécessaire il y a 5 ou 10 ans, si les aspects de la production de bois étaient également pris en compte.

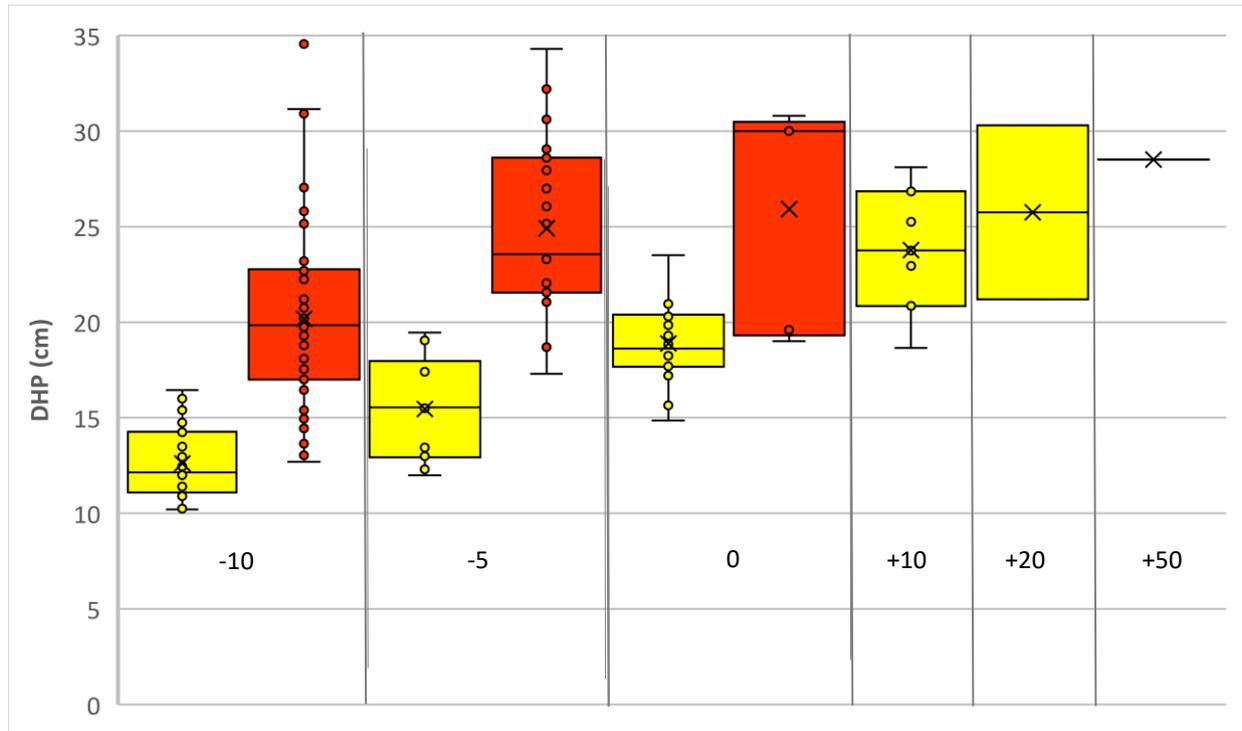


Figure 5 : Diamètres des chènes (jaune, n=71) et des cerisiers (rouge, n=87) selon l'urgence d'intervention.

La répartition des diamètres des chènes selon l'urgence d'intervention (fig. 5, boxplots jaunes) illustre bien la relation entre le DHP (= vitalité, position sociale) et leur capacité naturelle à s'imposer. Avec un total de 71 chènes, la présence de l'espèce n'est pas mauvaise ; dans les classes "+20" et "+50", il n'y a toutefois que deux, respectivement un chêne. Les chènes qui devraient être favorisés aujourd'hui ont un DHP compris entre 15 et 21 cm, ceux qui peuvent encore se maintenir pendant 20 ans entre 21 et 30 cm.

En comparaison avec les chènes plutôt réactifs, les cerisiers peu réactifs et peu compétitifs (boxplots rouges de la fig. 4) ont été jugés bien plus sévèrement : Malgré des diamètres plus élevés, une intervention aurait déjà été nécessaire il y a 10 ou 5 ans pour de nombreux arbres. Aucun cerisier n'a été jugé capable de se maintenir comme arbre de place sans intervention encore 10 ans ou plus. Pour cette évaluation, des critères de production de bois ont été appliqués. En effet, de nombreux cerisiers avaient encore une légère avance en termes de hauteur, mais étaient entourés de hêtres et de grosses branches étaient sur le point de dépérir. De tels cerisiers pourraient certes survivre encore plus longtemps (comme arbres semenciers ou arbres biotopes), mais le développement du diamètre ne serait pas optimal et le risque de pourriture serait très élevé.

3.3 Essences d'avenir avec un potentiel d'arbre de place par hectare selon l'essence et la date d'intervention

Intervention	-10	-5	0	10	20	50
Année	2011	2016	2021	2031	2041	2071
Charme	21.1	21.1	19.5	16.2	4.9	1.6
Cerisier	9.5	3.1	0.6			
Chêne pédonculé	7.7	4.6	3.0	1.1	0.3	0.1
Pin sylvestre	2.3	1.3	0.9	0.7	0.1	
Douglas	2.1	1.3	1.0	0.7	0.4	0.3
Thuya	1.2	1.2	1.1	0.9	0.4	0.2
Pin Weymouth	0.8	0.5	0.5	0.4	0.3	0.1
Mélèze	0.4	0.3	0.3	0.2	0.1	0.1
Houx	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.1
Noyer	0.2	0.1				
Chêne rouge	0.1	0.1	0.1	0.1		
If	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Total	45.0	33.4	26.9	20.1	6.6	2.5

Tableau 4 : Nombre d'exemplaires d'essences d'avenir pouvant faire office d'arbre de place par hectare selon la date d'intervention.

Le tableau 4 montre les valeurs cumulées à l'hectare des essences d'avenir ayant un potentiel d'arbre de place. Pour le chêne cela signifie donc qu'il y a 10 ans, 7,7 chênes/ha auraient eu un potentiel d'arbre de place, il y a 5 ans, 4,6/ha. Aujourd'hui, 3,0 chênes/ha sont encore jugés dignes d'être favorisés. Dans 10 ans, il y en aura encore 1,1, dans 20 ans, 0,3 et dans 50 ans, il n'y aura plus que 0,1 chêne/ha. Cela montre la capacité naturelle des essences à s'imposer et peut également être représenté graphiquement (fig. 6).

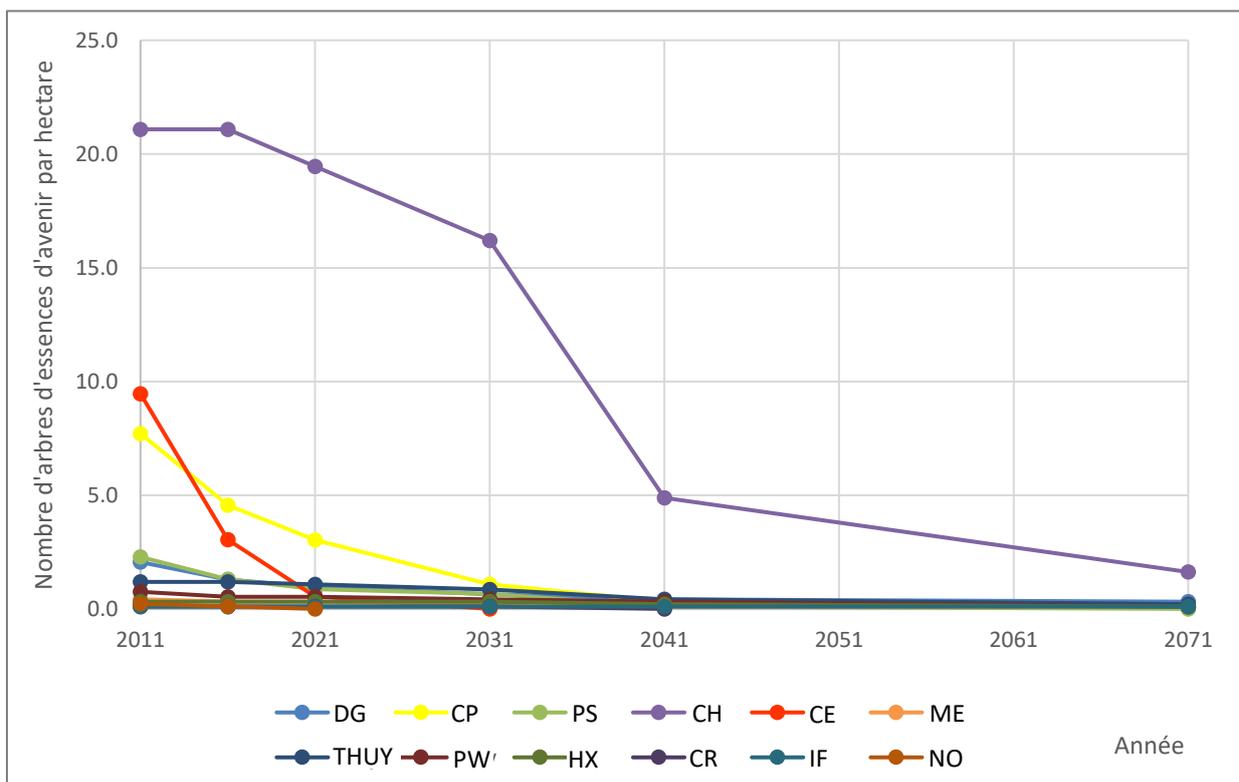


Figure 6 : Nombre d'arbres d'essences d'avenir/ha, encore dignes d'être favorisés à un certain moment donné.

C'est particulièrement le nombre de cerisiers aptes à être favorisés qui diminue très rapidement. En effet, bien qu'ils soient relativement nombreux au début, il n'y aura plus de cerisiers capables de se développer (du point de vue de la production de bois) d'ici 10 ans. Le chêne diminue continuellement, mais peut se stabiliser à un niveau bas. Le douglas diminue également, mais se maintient mieux. Le pin sylvestre disparaîtra complètement d'ici 50 ans, autrement dit, il y aura peut-être encore quelques pins survivants, mais ils n'auront plus le potentiel d'un candidat.

Dans la figure 7, les mêmes données sont représentées sous forme logarithmique afin de mieux faire ressortir les faibles valeurs. Le noyer, peu compétitif, disparaît déjà en 2016. Le cerisier, qui était encore la deuxième essence d'avenir la plus fréquente en 2011, montre également une baisse drastique. Le mélèze et le pin disparaissent également assez rapidement. En revanche, les charmes se maintiennent bien. Il est également remarquable que le thuya, tolérant à l'ombre et très vigoureux, se maintienne largement, ce qui pourrait le positionner comme la troisième essence d'avenir la plus abondante dans 50 ans, derrière le charme et le douglas. Le pin Weymouth pourrait également se maintenir dans une certaine mesure. Cependant, comme il n'existe que très peu d'exemplaires de ces essences, ces affirmations doivent être interprétées avec une certaine prudence.

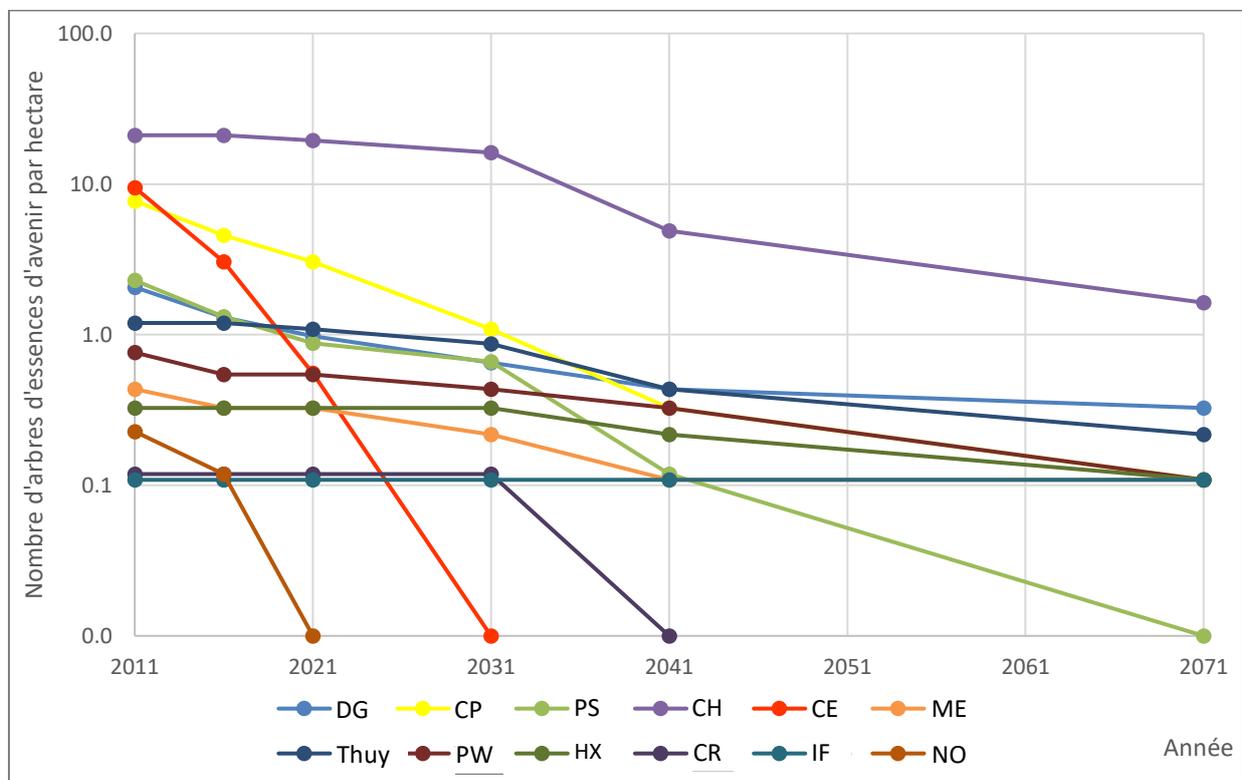


Figure 7 : Représentation logarithmique du nombre d'arbres d'essences d'avenir par hectare qui, à un moment donné, sont encore dignes d'être favorisés. Certains segments de la courbe ne sont pas visibles (p. ex. chêne recouvert par le pin Weymouth dans le segment 2041 à 2071).

Il est évident que les affirmations faites ici ne sont pas valables de manière générale, mais qu'elles s'appliquent à l'exemple de Habsburg. La situation concrète, c'est-à-dire, la station, les arbres semenciers présents ou encore l'écologie de rajeunissement jouent toujours un rôle. Par exemple, le fait que sur les 4 mélèzes présents, l'un d'entre eux aie encore un potentiel d'arbre de place dans 50 ans est dû à une situation très particulière (peuplement lacuneux, absence locale de hêtre). Néanmoins, des tendances se dessinent. Lors de la première étape de relevé (4,1 ha), la proportion de chênes présents était nettement plus élevée - lors de la deuxième étape (au nord), il devait déjà y avoir plus de rajeunissement préexistant, ce qui explique que la proportion de chênes et d'autres essences de lumière y soit plus

faible. Dans l'interprétation, il convient également de prendre en compte, qu'en raison de la proximité de certains arbres d'essences d'avenir, le nombre effectif d'arbres de place est légèrement réduit. Cependant, ceci s'applique surtout aux premières interventions ; plus le nombre d'arbres présents est faible, moins il y a de probabilité que 2 arbres se trouvent trop près l'un de l'autre.

3.4 Influence de la structure du peuplement

En parcourant la surface de chablis Lothar à Habsburg, on constate que les différentes structures de peuplement, caractérisées par les 3 types de peuplements (Ammann 2020), jouent un rôle dans la présence d'essences de lumière et d'avenir. La structure du peuplement est représentée dans la figure 8 : la hauteur de la végétation obtenues à partir de données LiDAR (survol en avril 2019) a été graduée en classes de 2,5 m entre 0 et 20 m de hauteur de peuplement. Les trouées dans le peuplement (hauteur de végétation inférieure à 2.5m) sont représentées en noir. La surface de tempête contient encore relativement beaucoup de trouées, mais leur largeur ne dépasse pas 20 m et la végétation les colonise progressivement depuis les côtés.

Les parties situées à l'ouest, le long de la route communale, où le rajeunissement préexistant était plus abondant, ont tendance à être plus denses. Le perchis d'épicéas actuel, planté avant Lothar, est reconnaissable en tant que peuplement très homogène, et ne contient aucune essence d'avenir. Autour de cette ancienne petite trouée (plantation d'épicéas), on trouve une forte proportion de hêtres issus de la régénération naturelle. Dans ce contexte de rajeunissement préexistant ou de plantation d'essences d'ombre, on ne trouve que peu ou pas d'essences d'avenir. Les essences de lumière profitent des courtes périodes de rajeunissement sans rajeunissement préexistant et des structures lacunaires.

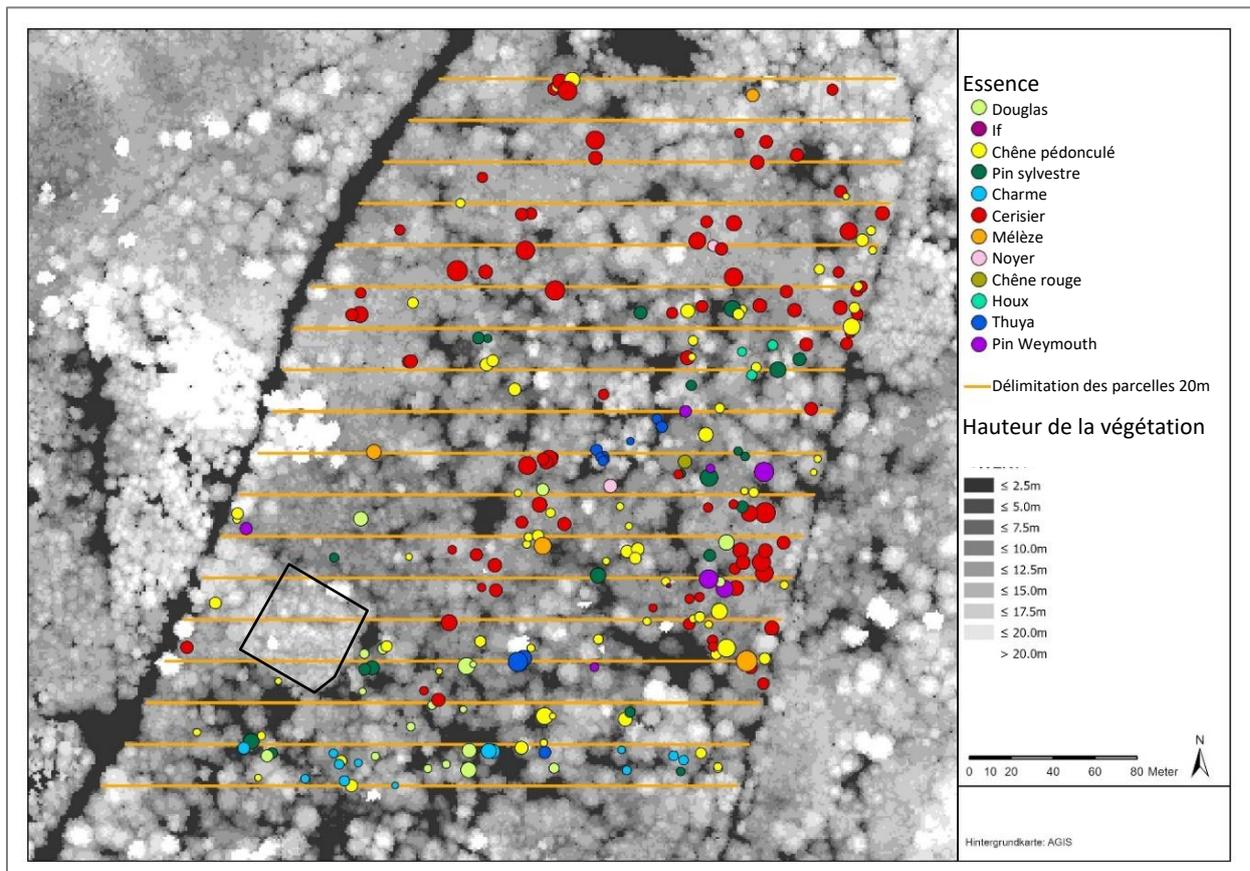


Figure 8 : Exemples d'essences d'avenir et structure du peuplement (hauteur de la végétation, situation en avril 2019). Le perchis d'épicéa déjà planté avant Lothar est entouré en noir.

Sur la surface de chablis de Habsburg, VOGEL (2021) a réalisé un relevé intégral de tous les arbres présents, sur 5 placettes par type de peuplement. Les placettes ont un rayon de 10 m, soit une surface de 314.15 m². Ainsi, 15,71 ares ont été relevés par type de peuplement et 47,12 ares au total. Le tableau 5 en donne un aperçu :

Type de peuplement	Nombre de tiges				Surface terrière			
	N/ha	Hê %	Chê %	Feu.t%	G (m ² /ha)	Hê %	Chê%	Feu.t %
1	3151	87.9	0.0	0.0	28.04	78.5	0.0	0.0
1	3629	81.6	0.0	1.8	36.63	74.4	0.0	5.0
1	3374	77.4	0.0	0.9	28.20	79.4	0.0	0.4
1	3183	89.0	1.0	2.0	32.05	83.1	2.4	3.8
1	5157	88.3	1.9	2.5	38.77	76.7	2.7	5.5
Moyenne type 1	3699	85.0	0.7	1.5	32.74	78.2	1.1	3.2
2	2515	30.4	7.6	24.1	29.11	13.3	2.4	63.4
2	2865	26.7	0.0	44.4	22.25	13.1	0.0	39.1
2	2196	15.9	1.4	34.8	29.73	20.6	0.6	53.3
2	2292	27.8	0.0	54.2	35.89	13.0	0.0	73.8
2	2833	12.4	0.0	68.5	21.18	3.5	0.0	72.9
Moyenne type 2	2540	22.6	1.8	45.9	27.63	13.3	0.6	61.5
3	764	8.3	4.2	50.0	17.46	25.1	1.3	52.8
3	1560	20.4	0.0	32.7	28.61	10.7	0.0	56.3
3	732	34.8	0.0	0.0	18.47	51.2	0.0	0.0
3	668	81.0	0.0	19.0	21.89	83.9	0.0	16.1
3	318	0.0	0.0	40.0	11.17	0.0	0.0	59.7
Moyenne type 3	809	29.1	0.8	29.1	19.52	36.1	0.2	36.4
Moyenne total	2349	56.1	1.1	20.7	26.63	45.5	0.7	31.5

Tableau 5 : Nombre de tiges et surface terrière ainsi que les proportions correspondantes de hêtre, de chêne et de feuillus tendres pour chacune des 5 placettes d'échantillonnage des 3 types de peuplements de reboisement de chablis. Feu. t= feuillus tendres

Type de peuplement 1 (rajeunissement naturel dense avec des essences d'ombre, généralement après un rajeunissement préexistant) se caractérise par un nombre de tiges élevé, une très faible proportion de feuillus tendres et des surfaces terrières élevées ainsi qu'une proportion de hêtres élevées. Dans cette situation, le hêtre a déjà atteint près de 80 % de la surface terrière.

Sur les placettes du **type de peuplement 2** (parties sans rajeunissement préexistant, sur lesquels des essences pionnières et de lumière ont pu s'établir), le nombre de tiges est un peu plus faible. Une différence frappante est la faible proportion de hêtre, qui ne représente en moyenne que 13 pour cent de la surface terrière. Ici, les essences pionnières demeurent dominantes avec une surface terrière de 62 %.

Enfin, **le type de peuplement 3** (surfaces déjà colonisées par la fougère aigle et la ronce avant la tempête ; rajeunissement bloqué) présentait un nombre de tiges nettement plus faible (809/ha). Les surfaces terrières étaient également plus faibles, mais en raison du diamètre moyen nettement plus élevé qui en résulte, de telles forêts seraient toutefois intéressantes pour une exploitation rapide de bois énergie. La proportion de hêtre et de feuillus tendre peut fortement varier ; il y a une placette dépourvue de hêtre, mais aussi une autre sans aucun feuillus tendre. Il y a beaucoup d'arbres-habitat (souvent des hêtres préexistants ayant survécu à la tempête).

On peut en conclure que les différences structurelles ont ou ont déjà eu un impact à moyen et long terme sur la présence ou la probabilité de survie des essences de lumière et d'avenir. La plus faible abondance de hêtre dans le type 2, et généralement aussi dans le type 3, ainsi que le plus faible nombre

de tiges dans le type 3, ont un effet positif. Malheureusement, les données de VOGEL n'ont pas permis de démontrer ce phénomène pour les chênes en raison de leur faible proportion. En effet, sur les 47.12 ares, VOGEL n'a relevé que 12 chênes, dont seulement 3 ont un DHP de 10 cm ou plus (qui leur aurait permis d'être pris en compte dans la présente étude). Les autres chênes ont un diamètre inférieur à 10 cm (seuil d'inventaire à 4 cm) et ne sont donc plus capables de réagir depuis longtemps.

3.5 Conséquences d'un manque de gestion des forêts

Par rapport à l'adaptation ou à l'évolution naturelle, une gestion forestière visant à promouvoir de manière ciblée les essences d'avenir aurait eu les avantages suivants :

Proportions et degré de recouvrement des essences d'avenir

Ce point a déjà été abordé en détail : Plus on intervient tôt, plus la proportion d'arbres de place parmi les essences d'avenir pourrait être élevée. En favorisant plus tôt et de manière conséquente les essences d'avenir, les houppiers et donc les degrés de recouvrement pourraient déjà être un peu plus élevés, et ce particulièrement pour les arbres soumis à une forte pression et qui auraient encore pu être favorisés par des interventions à partir de 2011.

Semenciers

Les chênes les plus vigoureux fructifient déjà maintenant, c'est-à-dire à l'âge de 22 ans. Toutefois, le nombre de chênes diminuera sans intervention, les couronnes de la plupart des arbres resteront relativement petites. Pour la diversité génétique, la quantité et la qualité des graines, il serait souhaitable d'avoir le plus grand nombre possible de chênes vigoureux et ayant une grande couronne. Ceci vaut particulièrement pour le chêne dont les semences sont lourdes. Pour les essences pionnières à graines légères, telles que le bouleau ou le saule, quelques individus suffisent déjà. Cependant, là encore, des individus vigoureux et dotés d'une grande couronne sont un avantage.

Actuellement, il n'y a pas besoin de graines dans les jeunes peuplements de la surface de chablis de Habsburg. Cependant, les peuplements voisins peuvent profiter de ces arbres semenciers. Lorsque des groupes d'épicéas ou de hêtres commenceront à dépérir, les arbres semenciers redeviendront également importants sur le périmètre d'étude.

Stabilité

En cas de brusque dépérissement de l'épicéa et du hêtre (comme cela a été observé ailleurs après l'année de sécheresse 2018), des chênes plutôt minces et comprimés pourraient avoir des problèmes de stabilité. La formation de gourmands serait également négative du point de vue de la qualité. Si par la gestion, les houppiers avaient été dégagés suffisamment tôt et de manière continue, et si la proportion d'essences d'avenir était la plus élevée possible, les risques seraient sensiblement réduits.

Qualité

Sans intervention, seuls les plus vigoureux survivent. Mais ceux-ci sont souvent grossiers. Un développement optimal se fait en deux phases : d'abord la qualification (les voisins, généralement des hêtres, sont les bienvenus tant que l'arbre de place peut rester vigoureux et dominant), puis la phase de dimensionnement (promotion répétée des arbres de place, une fois que la longueur du fût sans branches est atteinte). Au début, une certaine densité est nécessaire, mais ensuite il en va autrement, car l'arbre de place a besoin de plus en plus d'espace. Ceci est particulièrement difficile en combinaison avec le hêtre qui est en permanence très compétitif et qui devient très grand.

En d'autres termes, sans intervention, il y a deux possibilités : Soit un arbre reste vigoureux, mais a tendance à être grossier (fig. 9), soit il bénéficie d'une bonne éducation, mais est ensuite victime de la concurrence de ses voisins (généralement des hêtres). Ce dilemme est d'autant plus marqué dans la mesure où de nombreuses essences d'avenir sont des essences de lumière peu compétitives. Pour les essences à qualification artificielle, ce dilemme pourrait être résolu par l'élagage (conifères, merisier). Pour le chêne, la qualification naturelle est toujours efficace, même pour les grosses branches, et en raison des diamètres cibles élevés, un cœur un peu plus épais contenant des nœuds n'est pas déterminant. Souvent, les chênes forment tout de même un beau fût, et il suffit d'un peu plus de patience (fig. 9).



Figure 9 : Chêne très vigoureux, mais avec de grosses branches, dans un peuplement lacuneux (type 3) de la surface de chablis Habsburg.

Dans l'étude de cas de Habsburg, en raison de la renonciation à l'exploitation, la qualité ne joue absolument aucun rôle. Dans le cas de surfaces exploitées, la qualité ou l'essence elle-même peut devenir un facteur de risque. En effet, des essences et des arbres extrêmement importants du point de vue du changement climatique risquent d'être éliminés ou du moins de ne pas être favorisés en raison de leur mauvaise qualité ou de leur nature soi-disant « de qualité inférieure ».

Des situations naturelles avec un bon développement de la qualité sont envisageables en combinaison avec le noisetier (hauteur limitée), le saule (hauteur et âge limités), éventuellement le charme (hauteur finale plus faible) ainsi que le bouleau (perméable à la lumière, donc moins bon qualificateur).

Effets positifs de l'absence de gestion

Les lacunes dans les peuplements (ronces, fougère aigle) sont une condition indispensable au maintien à long terme des essences d'avenir sans intervention. Ceci signifie que l'absence de gestion a également des avantages à cet égard. En d'autres termes, replanter les trouées ou entretenir intensivement le recru pour augmenter le nombre de tiges homogénéiserait le peuplement, augmenterait la concurrence et réduirait ainsi les chances pour les essences d'avenir. A moins que l'on ne plante des chênes, etc. mais dans ce cas, l'effort serait également considérablement plus important.

Un autre point positif est la forte proportion d'essences pionnières qui auraient éventuellement pu être partiellement, voire totalement, éliminées par une gestion. D'une part, ce sont elles-mêmes des essences d'avenir, mais grâce à leur grande perméabilité à la lumière, elles créent également de bonnes conditions pour d'autres essences d'avenir, telles que le chêne. La diversité de structure des peuplements est également un point positif.

Les coûts sont également un aspect important. Dans cette étude de cas, certaines options sont encore ouvertes et ont été atteintes jusqu'à présent sans aucun frais. Le moment de l'intervention influence les coûts et la proportion d'essences d'avenir. Toutefois, cet exemple montre clairement qu'en s'appuyant sur des processus naturels et la rationalisation biologique, une adaptation à moindre coût et proche de la nature est possible.

3.6 Modification des rapports de concurrence ?

Jusqu'à présent, nos réflexions sylvicoles sur le Plateau suisse se sont basées sur la structure de concurrence connue de l'étage submontagnard, où le hêtre prédomine. Cependant, l'évolution (non traitée) est largement influencée par les changements climatiques et leurs conséquences. Le hêtre deviendra-t-il progressivement moins compétitif ou des événements extrêmes conduiront-ils à une disparition soudaine de cette essence? Est-ce que tous les hêtres seraient touchés ou seulement quelques individus ? Comment la compétitivité et la capacité de réaction des jeunes hêtres se comportent-elles ainsi que celles des hêtres plus âgés (survivants de Lothar, arbres-habitat comme dans la figure 9) ?

Une hypothèse pourrait être que les proportions considérables de chênes et d'autres essences de lumière dans l'exemple de Habsburg témoignent déjà d'une diminution de la force concurrentielle du hêtre. Cependant, étant donné l'absence d'exemples du passé ("avant" les changements climatiques) permettant de comparer les dynamiques d'évolution naturelle dans des conditions similaires, la réponse à cette question demeure spéculative. Des données quantitatives telles que celles présentées dans cette étude de cas pourraient contribuer à l'avenir à apporter des réponses à de telles questions.

Une diminution progressive ou graduelle de la force concurrentielle du hêtre ou un déplacement des (dés-)équilibres concurrentiels augmenterait naturellement les chances des essences d'avenir et faciliterait l'adaptation ou du moins, la rendrait moins coûteuse. Les expériences faites jusqu'à présent (Ajoie) montrent que de nombreux hêtres peuvent être touchés, mais pas tous les hêtres d'un peuplement. De plus, il arrive que des arbres entiers meurent, mais souvent les parties inférieures du houppier restent vivantes. Et, jusqu'à présent, c'étaient surtout les arbres les plus âgés qui étaient touchés. L'évolution à venir reste incertaine.

4 Conclusions

La force de régénération naturelle, la diversité d'essences et la présence d'essences d'avenir dans le jeune peuplement Lothar de Habsburg sont étonnantes et impressionnantes, surtout si l'on tient compte de la grande productivité de la station et de l'absence totale de mesures telles que la plantation, la protection contre le gibier ou encore les soins aux jeunes peuplements. L'écologie du rajeunissement liée à Lothar (pas trop de rajeunissement préexistant, courte période de rajeunissement, forte proportion d'essences pionnières, trouées) est certainement un facteur essentiel de cette réussite.

La tendance à la raréfaction des individus d'essences d'avenir vigoureux et avec un potentiel d'arbre de place est évidente et évolue (jusqu'à présent) de manière constante, mais présente également des différences propres à chaque essence. Si le hêtre reste aussi vigoureux et présent, cette tendance se poursuivra. Néanmoins, dans les conditions actuelles, certains individus pourraient se maintenir jusqu'au stade de la vieille futaie, même sans intervention. Cela en ferait des arbres semenciers particulièrement précieux.

Du point de vue de la pratique, la surface de chablis de Habsburg peut être considérée comme une surface d'"opportunités manquées" - on aurait pu ou on pourrait encore obtenir de très bons résultats avec très peu d'efforts. Il ne s'agirait pas de plantations ou de soins précoces, mais surtout avec une

première intervention à partir de 10 à 20 ans, la marge de manœuvre serait (aurait été) grande. Une fois de plus, on constate qu'une certaine période d'autodifférenciation est également avantageuse et économique pour les essences de lumière, pour autant que les exigences ne soient pas trop élevées ou qu'il existe une certaine opportunité naturelle. Avec moins d'individus d'essences d'avenir, mais d'autant plus vigoureux, les dépenses peuvent être minimisées à plusieurs reprises (intervention plus tardive, meilleure vue d'ensemble, moins de dépenses par arbre de place, risque moindre). Même avec une intervention à ce stade (22 ans), beaucoup de choses seraient encore possibles.

Du point de vue de la recherche, il est en tout cas juste, important et très intéressant que la surface de chablis de Habsburg reste libre de toute intervention jusqu'en 2063. Le présent travail fournit pour la première fois un relevé des essences d'avenir à l'échelle de toute la surface, comportant des indications quantitatives sur la surface de chablis de Habsburg. Ainsi, cela constitue une base qui se prête à la poursuite des observations (répétitions des relevés, développement).

5 Remerciements

Un grand merci aux personnes et institutions suivantes pour leur soutien :

- Röbi Häfner en tant qu'ancien responsable des forêts domaniales du canton d'Argovie, pour l'idée et la décision prise à l'époque de désigner la surface de chablis Habsburg comme zone dédiée à la recherche.
- Paul Brogli (garde forestier à la retraite), Heinz Gehrig (garde forestier à la retraite), Peter Huber (contremaître) et Peter Schenkel (ancien garde forestier) pour des renseignements sur l'histoire de la surface de chablis Habsburg.
- Andreas Freuler pour sa collaboration lors des relevés ainsi que pour les analyses SIG.
- Elias Vogel pour les données brutes de son travail de bachelor.
- Un grand merci également à l'Office fédéral de l'environnement (OFEV), notamment Christian KÜchli, Christoph Dürr, Pierre Alfter et Robert Jenni, pour le financement de cette étude.

6 Bibliographie

Ammann, P., 2020 : Wachstumspotential der Birke im Schweizer Mittelland. www.waldbau-sylviculture.ch

Ammann, P., 2020 : Waldbau auf Schadflächen – ökonomisch und ökologisch interessante Alternativen. Zürcher Wald 2/2020 : 4-8.

Ammann P. 2014 : Jungwaldpflege / Biologische Rationalisierung. Checkkarte. http://waldbau-sylviculture.ch/publica/2014_FWB_Checkkarte_BR_d.pdf

Brang, P., KÜchli, C., Schwitter, R., Bugmann, H., und Ammann, P., 2016 : Waldbauliche Strategien im Klimawandel. In: Pluess et al, 2016 : Wald im Klimawandel. Grundlagen für Adaptationsstrategien. BAFU, WSL. Haupt Verlag.

Näf, Ph., 2014 : Natürliche Wiederbewaldung nach grossflächigem Windwurfereignis

Vogel, E., 2021 : Wachstum und Waldleistung von Pionierbaumarten auf Sturmflächen. Bachelorarbeit ETHZ.

Wohlgemuth, T., & Kramer, K. 2015 : Waldverjüngung und Totholz in Sturmflächen 10 Jahre nach Lothar und 20 Jahre nach Vivian. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 166(3), 135-146.

Zweifel, S., 2022 : Analyses of tree regeneration after windthrow in a central Swiss forest : testing a forest succession model's abilities. Bachelorarbeit ETHZ.