



Berner Fachhochschule
Haute école spécialisée bernoise
Bern University of Applied Sciences

Poursuite du développement du réseau de placettes permanentes de suivi sylvicoles (PPSS)

Rapport final de la Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL

(30.06.2021)

Sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement OFEV

Impressum

Mandant

Office fédéral de l'environnement OFEV, Division Forêts, CH-3003 Berne

L'OFEV est un office du Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC).

Mandataires

Haute école spécialisée bernoise BFH

Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires BFH-HAFL

Équipe BFH et auteurs

Christian Rosset (chef de projet, HAFL)

Gaspard Dumollard (HAFL)

Alexandra Erbach (HAFL)

David Coutrot (HAFL)

Manuel Kurt (HAFL)

Ulrich Fiedler (TI)

Francesco Romeo (TI)

Guillaume Marisa (TI)

Manuel Gasser (TI)

Groupe d'accompagnement OFEV

Roberto Bolgè (OFEV)

Remarque

Ce rapport a été rédigé sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement OFEV. Seul le mandataire porte la responsabilité de son contenu.

Table des matières

Travaux réalisés dans le cadre du projet	4
1. Développement continu de la méthode de relevé pour l'établissement de placettes permanentes de suivi sylvicole PPSS pour le rajeunissement	4
2. Complément pour l'analyse des martelages en lien avec la thématique du rajeunissement	4
3. Possibilité de comparer des martelages correspondant à différentes placettes ou différents sylviculteurs	4
4. Complément d'aide à la décision grâce au modèle SiWaWa	5
5. Vulgarisation et collaboration	5
Conclusions	6
Bilan financier du projet	6
Références	7
A. Méthode de relevé des PPSS « light » (en allemand)	8
B. PPSS Light sur la thématique du rajeunissement sur martelage.sylvotheque.ch	10
C. Exemples du nouveau type de PPSS observation basé sur une documentation visuelle des surfaces au moyen de photosphères et d'une carte interactive	15
D. Programme et support du cours de formation continue sur le rajeunissement du 7 juin 2021 organisé par la HAFL pour l'entreprise forestière de la Bourgeoisie de Berne (en allemand)	17
E. Informations sur le rajeunissement en présence sur martelage.sylvotheque.ch	25
F. Intégration de SiWaWa sur martelage.sylvotheque.ch et reprise des données des PPSS sur l'application pour Smartphone SiWaWa	27
G. Comparaison des résultats de martelage entre utilisateurs-rices sur martelage.sylvotheque.ch	30
H. Comparaison des martelages effectués sur différentes surfaces sur martelage.sylvotheque.ch	35

Travaux réalisés dans le cadre du projet

Ce rapport final reprend point par point les objectifs énumérés dans le contrat du projet.

1. *Développement continu de la méthode de relevé pour l'établissement de placettes permanentes de suivi sylvicole PPSS pour le rajeunissement*

- Une méthode de relevé pour des PPSS « light » afin de faciliter la mise en place de placettes permanentes et de démultiplier les situations sylvicoles considérées a été développée. Cette méthode « light », comme la méthode classique (cf. Rosset et al. 2018), permet un suivi du rajeunissement. La méthode « light » nécessite un investissement en temps moins conséquent : 2-3 heures suffisent à trois personnes. Le niveau de précision du positionnement des arbres est cependant plus faible, mais suffisant pour effectuer des exercices de martelage. La description de cette méthode se trouve en annexe A. Sept PPSS « light » sur la thématique du rajeunissement sont venues enrichir la plateforme martelage.sylvotheque.ch (cf. annexe B).
- Une nouvelle méthode de documentation visuelle (cf. Rosset et al. 2020) des peuplements en phase de rajeunissement a été mise en place sur martelage.sylvotheque.ch (PPSS observation) en intégrant aussi les données de la cartographie automatique des peuplements effectuée avec l'outil TBk sous forme de carte de fond avec la répartition spatiale des strates supérieure, intermédiaire et inférieure pour mieux se représenter les conditions lumineuses pour le rajeunissement (cf. exemples présentés en annexe B). Le projet a pu bénéficier de nouvelles fonctionnalités développées dans le cadre du projet Interreg franco-suisse CAP-Forêt.
- En complément, une méthode a été développée pour évaluer l'état du rajeunissement de façon simple et pragmatique. Elle a été testée et discutée dans le cadre de l'enseignement de la sylviculture à la HAFL ainsi qu'avec les collaborateurs de la Bourgeoisie de Berne. Elle est décrite dans l'annexe D.

2. *Complément pour l'analyse des martelages en lien avec la thématique du rajeunissement*

- Une méthode pour l'analyse de l'état du rajeunissement dans les PPSS a été développée et implémentée sur martelage.sylvotheque.ch. La méthode de relevé est présentée dans l'annexe A, l'implémentation dans l'annexe E. Le relevé se base sur les critères principaux suivants : la hauteur prépondérante du rajeunissement (phase de développement), sa densité en termes de degré de recouvrement (effet d'éducation), la composition en essences et les tendances de développement problématiques (p.ex. plagiotropie pour le hêtre).

3. *Possibilité de comparer des martelages correspondant à différentes placettes ou différents sylviculteurs*

- Un concept pour la comparaison des résultats de martelage entre utilisateurs-rices a été développé et implémenté sur martelage.sylvotheque.ch (cf. annexe G). En résumé, les utilisateurs-rices peuvent élaborer plusieurs variantes de martelage, choisir leur variante préférée par PPSS et la partager avec d'autres utilisateurs-rices. Il suffit pour cela que les utilisateurs-rices désireux-ses de partager leurs martelages définissent et entrent un code de partage commun dans leur profil d'utilisateur-ric(e). Ils peuvent ensuite consulter les variantes partagées, mais aussi les comparer au moyen d'une carte synoptique et de plusieurs graphiques représentant des valeurs clés telles que le nombre d'arbres de place par ha, le nombre de concurrents par arbres de place ou encore l'intensité de l'intervention en pourcentage de surface terrière (cf. Rosset et al. 2019 pour plus d'information sur la manière de caractériser un martelage).

- Un concept pour la comparaison des martelages d'un même utilisateur-riche sur plusieurs PPSS et autres marteloscoptes a aussi été développé et implémenté sur martelage.sylvotheque.ch. L'utilisateur-riche dispose de plusieurs graphiques synthétisant les résultats des martelages désignés comme préférés, et ce de manière différenciée par essence s'il ou elle le souhaite (cf. annexe H). Les thématiques abordées sont les mêmes que celles présentées au point précédent.

4. Complément d'aide à la décision grâce au modèle SiWaWa

- Le modèle SiWaWa permet désormais de simuler la croissance d'un peuplement à partir des données complètes sur la distribution des diamètres au sein d'une placette et non plus seulement à partir de la surface terrière par hectare (G) et du nombre de tiges par hectare (N), qui résument cette information. Cette nouvelle fonctionnalité permet de simuler la croissance au niveau d'une PPSS en utilisant toute l'information disponible (cf. annexe F pour la présentation de cette nouvelle fonctionnalité sur martelage.sylvotheque.ch à l'exemple d'une PPSS).
- Une nouvelle version de l'application Smartphone SiWaWa permet de se connecter directement à la plateforme martelage.sylvotheque.ch et de télécharger les données des PPSS disponibles sur la plateforme (cf. annexe F pour la présentation des interfaces offrant cette fonctionnalité).

5. Vulgarisation et collaboration

- Un cours de formation continue d'une journée a été organisé le 7 juin 2021 sur la thématique du rajeunissement pour l'entreprise forestière de la Bourgeoisie de Berne avec la participation de collaborateurs de l'Entreprise Forêts domaniales (EFD) du canton de Berne (cf. annexe D pour le programme et pour la présentation Powerpoint distribuée à cette occasion).
- Une deuxième journée de formation est déjà agendée pour le 27 août 2021 en continuité de cette première journée.
- Il est aussi prévu de reprendre tout ou partie du contenu de ce cours pour une journée de formation prévue dans le cadre de la formation continue organisée par le canton de Berne. Ce cours est agendé pour le 31 août 2021 et a pour titre «Betriebswirtschaftliche und waldbauliche Bewertung und Lenkung der Naturverjüngung und der Jungwaldflächen 2021»¹.
- Les contenus seront aussi repris dans le CAS gestion des écosystèmes forestiers et nouvelles technologies² ainsi que dans l'enseignement à la HAFL au niveau du Bachelor.
- Publications:
 - Rosset C (2020) martelage.sylvotheque.ch: schon 90 Marteloskope online und mit neuen Funktionalitäten - Kurzinformation über das Projekt. WaPlaMa-Infoblatt 2-20: 6-9 > <https://www.planfor.ch/community/2>
 - Rosset C (2021) La valeur ajoutée de la digitalisation : être plus informé, connecté et agile. Schweiz Z Forstwes 172 (4): 198-204. doi: 10.3188/szf.2021.0198 (mention et présentation du projet)
- A ce projet est venu se greffer un projet de la Bourgeoisie de Berne sur la thématique du rajeunissement dans le cadre duquel la méthode de relevé de l'état du rajeunissement a été

¹ cf. https://www.weu.be.ch/de/start/themen/umwelt/wald/weiterbildungskurse-wald/anmeldung-forstliche-weiterbildungskurse.html#/weiterbildung/kurse_f%C3%BCr_mitarbeitende_des_awn_und_der_reviertr%C3%A4ger/22850

² cf. <https://www.bfh.ch/de/weiterbildung/cas/waldmanagement-neue-technologien/>

développée, testée et affinée. C'est aussi dans le cadre de ce projet que 4 des 7 nouvelles PPSS ont été aménagées et que le cours de formation continue mentionné plus haut a été organisé.

Conclusions

La section vulgarisation montre que les résultats de ce projet sont déjà bien utilisés dans l'enseignement et dans la pratique. La plateforme martelage.sylvotheque.ch s'est enrichie d'une nouvelle thématique avec le rajeunissement et de 7 nouvelles PPSS « light » à ce sujet et 2 PPSS d'observation. Le système de relevé est devenu aussi plus flexible avec ces deux nouveaux types de PPSS. Ce projet a été particulièrement utile en ces temps COVID pour l'enseignement à distance. Il a permis p.ex. d'effectuer tout de même un grand nombre d'exercices de martelage tout en ayant la possibilité de comparer ses résultats à ceux d'autres personnes et d'en discuter concrètement. La plateforme martelage.sylvotheque.ch s'est avérée aussi utile pour organiser des visites guidées virtuelles avec les gestionnaires forestiers des peuplements concernés (p.ex. à Pampigny dans une vieille futaie de chêne et à Willisau dans un peuplement plus que centenaire de douglas). Avec l'intégration du modèle de croissance forestière SiWaWa, la plateforme renforce encore plus l'intégration entre inventaires forestiers (données dendrométriques clés), croissance forestière (utilisation de modèles de croissance comme aide à la décision), sylviculture (martelage) et planification (élaboration de concepts sylvicoles pour le calcul de la possibilité et la détermination des urgences d'intervention dans un périmètre forestier).

Bilan financier du projet

Le tableau ci-dessous présente le bilan des heures travaillées dans le cadre du projet ainsi que les volumes financiers correspondants

Catégorie de collaborateur	Heures travaillées	Tarif horaire	Valeur des heures travaillées
Direction de projet	135 h	145 CHF/h	19'575 CHF
Scientifique avec très longue expérience	84 h	108 CHF/h	9'072 CHF
Scientifique avec expérience	599 h	98 CHF/h	58'702 CHF
Scientifique	30 h	83 CHF/h	2'490 CHF
Stagiaire	26 h	28 CHF/h	728 CHF
Total	874 h		90'567 CHF

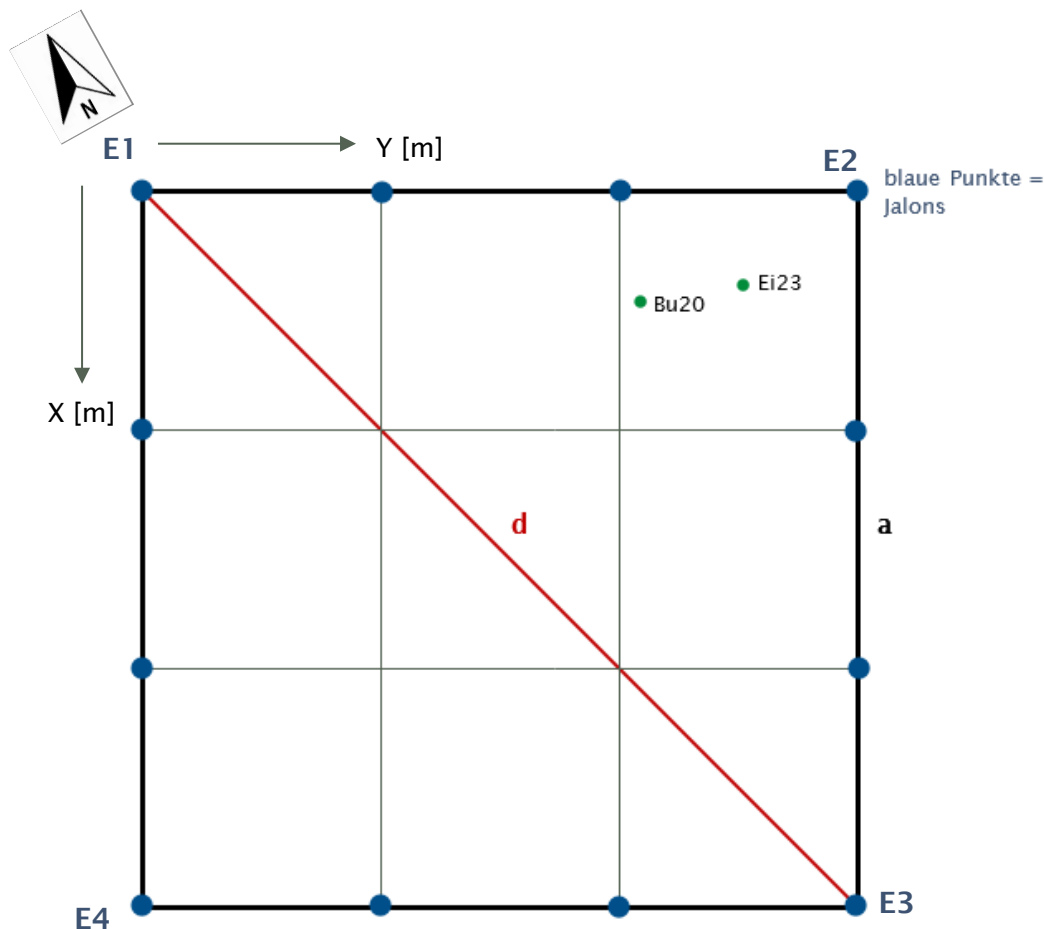
La valeur des heures travaillées dans le cadre du projet se monte à 90'567 CHF. **L'OFEV assure un financement de 80'000 CHF.** La différence entre le financement de l'OFEV et le coût du projet est financée sur les ressources propres de la BFH.

Références

- Bütler R, Rosset C, Larrieu L (2021) Reconnaître les arbres-habitats grâce à l'application habitat.sylvotheque.ch. J for suisse 172 (4): 242-245. doi: 0.3188/szf.2021.0242
- Rosset C, Dumollard G, Gollut C, Weber D, Sala V, Martin V, Endtner J, Wyss F, Schütz JP (2018) SiWaWa 2.0 et placettes permanentes de suivi sylvicole. Rapport technique OFEV. 127 p.
- Rosset C, Sciacca S, Flückiger S, Fiedler U (2019) Exercices de martelage et suivi sylvicole sur martelage.sylvotheque.ch (MSC). Schweiz Z Forstwes 170 (2): 98-101. doi: 10.3188/szf.2019.0098
- Rosset C, Coutrot D, Endtner J (2020) Percevoir concrètement les changements en forêt avec l'application comparaison.sylvotheque.ch (CSC). Schweiz Z Forstwes 171 (2): 91-94. doi: 10.3188/szf.2020.0098
- Rosset C (2020) martelage.sylvotheque.ch: schon 90 Marteloskope online und mit neuen Funktionalitäten - Kurzinformation über das Projekt. WaPlaMa-Infoblatt 2-20: 6-9 > <https://www.planfor.ch/community/2>
- Rosset C (2021) La valeur ajoutée de la digitalisation : être plus informé, connecté et agile. Schweiz Z Forstwes 172 (4): 198-204. doi: 10.3188/szf.2021.0198
- Schütz J-P, Rosset C (2016) Des modèles de production et d'aide à la décision sur smartphone. Outils et méthodes. Revue Forestière Française LXVIII, 5-2016.

A. Méthode de relevé des PPSS « light » (en allemand)

1. Die ersten zwei Eckpunkte bestimmen: Mit Messband die **Diagonale d** ziehen, und die beiden **Endpunkte mit Jalons markieren**. Die **Länge von d** hängt wie folgt von der Entwicklungsstufe ab: **B1 → 50m, S2 → 40m, S1 → 30m**
2. Über Pythagoras die **Seitenlänge a** berechnen: $a = d \div \sqrt{2}$
3. Die noch fehlenden beiden Eckpunkte bestimmen: 2 Personen gehen mit je einem Messband von je einem Endpunkt der Diagonalen aus los Richtung ungefähre Position des Eckpunktes. Wenn beide Messbänder die **Länge a** haben, und die Personen sich treffen → **Eckpunkt**. Ggf. rechten Winkel mit Doppelmeter kontrollieren, **Jalon setzen**. Analog für die vierte Ecke verfahren.
4. Entstandenes Quadrat in **9 Teilquadrate** teilen. Dazu die Seiten a jeweils mithilfe eines Messbandes **dritteln**, und **Jalons als Markierungen** nutzen. Bei Bedarf können natürlich auch mehr Teilquadrate erstellt werden (z.B. für grössere Flächen Seitenlänge vierteln).
5. Für alle 4 Eckpunkte jeweils den dem Eckpunkt am nächsten stehenden Baum mit einem **orangenen Dreieck, Spitze nach unten gerichtet, ca. 20cm breit, Richtung Zentrum zeigend**, markieren.
6. **Pro Teilquadrat** nach und nach alle Bäume aufnehmen: BHD messen und **Position inkl. Baumart und BHD** auf mm Papier einzeichnen (siehe Abb.). Die Position wird dabei **geschätzt** eingezeichnet (**Jalons als Referenzpunkte** verwenden). Am besten im Team arbeiten: Eine Person misst, die andere zeichnet die Position ein und schreibt auf.



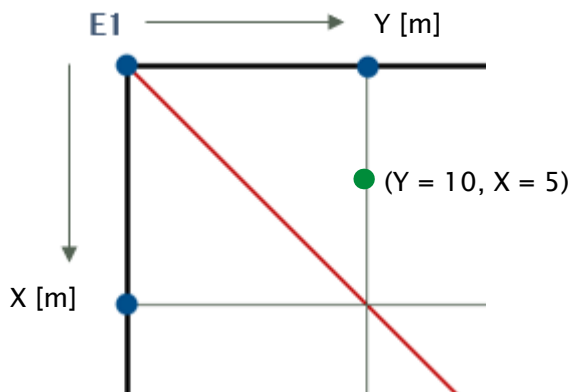
Wichtig:

- Falls bei der Aufnahme in Gruppen gearbeitet wird, sollte man sich vorher auf einen **gemeinsamen Massstab** einigen, um am Ende eine kohärente Karte erstellen zu können.
- Hangkorrektur:**
Falls der Hang geneigt ist, müssen die Kanten der Aufnahmefläche alle entweder hangparallel oder senkrecht zum Hang stehen. Um Bestandeskennzahlen wie z.B. G vergleichbar zu machen, sollte mittels **Hangkorrektur** über die Trigonometrie die **horizontale Fläche A^*** bestimmt werden. Dazu muss zunächst der **Neigungswinkel α** gemessen werden, und zwar in Grad. Dann gilt: $A^* = a^2 \cdot \cos(\alpha)$
Für eine Neigung von 10° ergibt sich somit z.B. ein Korrekturfaktor von 0.98, für 20° von 0.93.

Notwendige Messungen für den Übertrag in die Excel-Tabelle

- GPS-Koordinaten des Zentrums** (geschätzte Position)
- GPS-Koordinaten der Ecke E1** in Meter-basiertem Koordinatensystem (CH1903). Die Ecke E1 ist diejenige Ecke, welche am meisten **nach Norden ausgerichtet** ist (s. Skizze). Die Nummerierung der übrigen Ecken erfolgt im Uhrzeigersinn.
- Azimuth von Ecke E1 nach Ecke E2** (Messung z.B. mit diversen Apps möglich)
- Die **Baumkoordinaten** werden aus der Skizze wie folgt abgelesen: Die Ecke E1 dient als Referenzpunkt (0,0). Von dort aus werden für jeden aufgenommenen Baum die Koordinaten in Form von **Y- und X-Distanz zu E1** erfasst, die Eingabe erfolgt als **positive Werte in Metern**.

Siehe Beispiel:



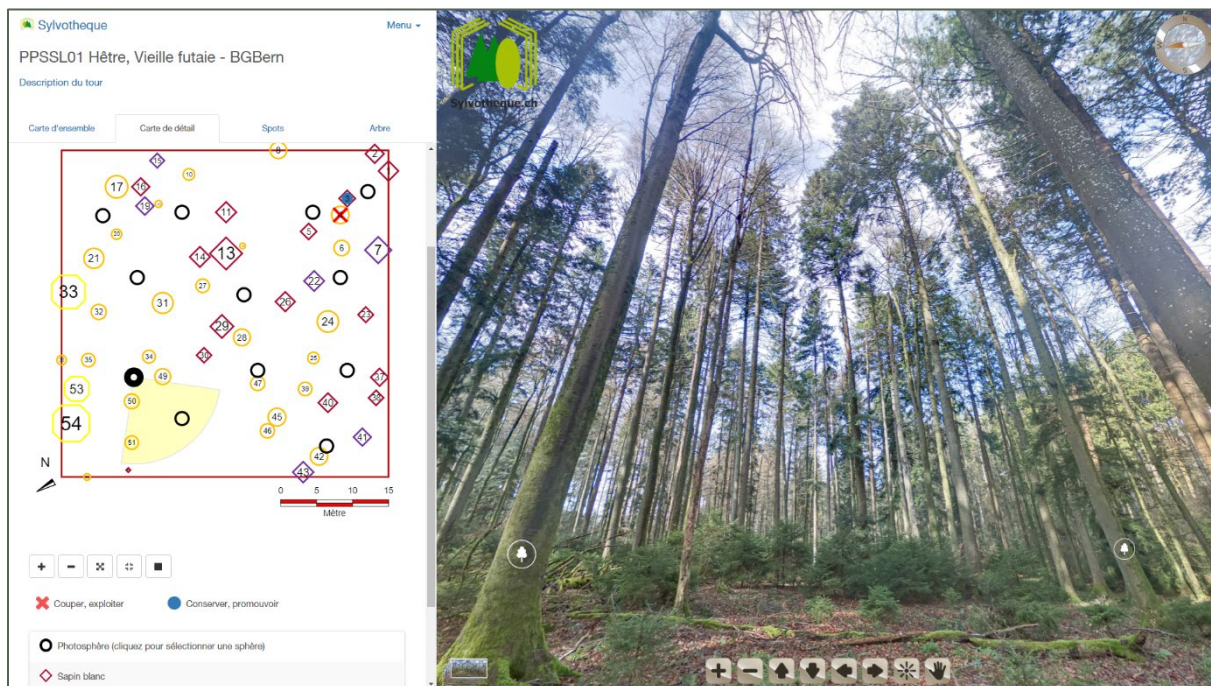
Beispiel
Seitenlänge $a = 30\text{m}$

B. PPSS Light sur la thématique du rajeunissement sur martelage.sylvotheque.ch

De nouvelles PPSS « light » ont été aménagées et intégrées sur martelage.sylvotheque.ch :

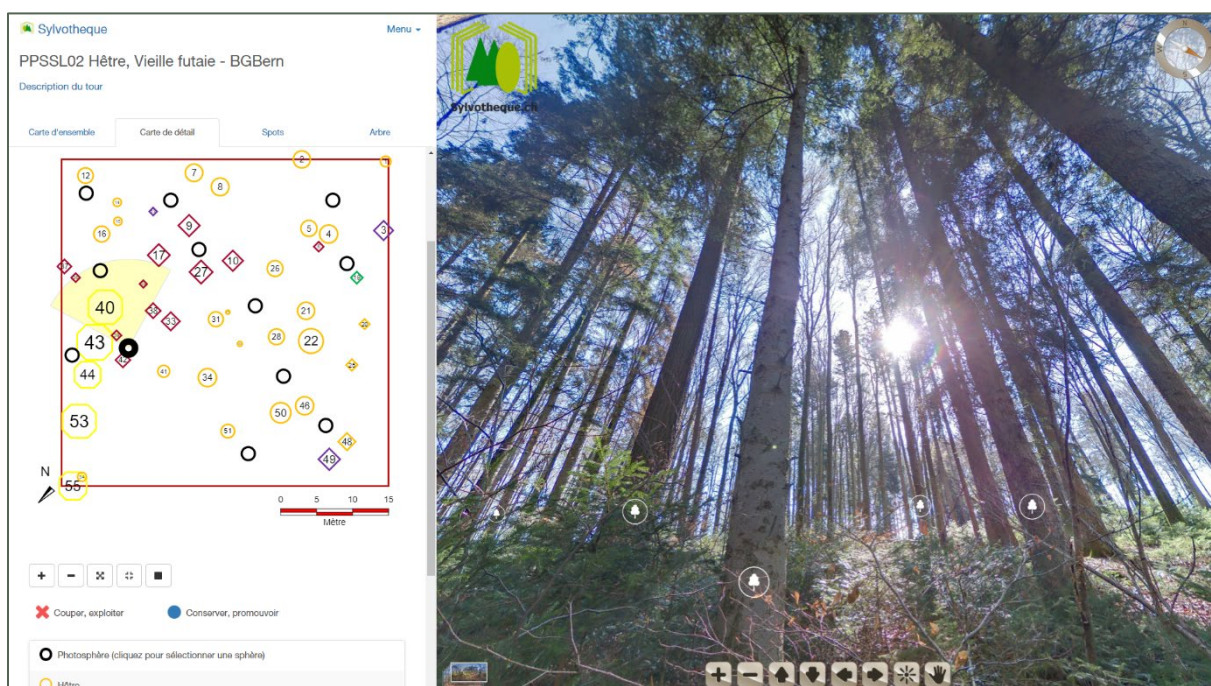
PPSSL01 Vieille futaie de hêtre à Konizberg - Bourgeoisie de Berne (relevés effectués par des étudiants dans le cadre du module d'enseignement sur la planification d'entreprise à la HAFL)

> <https://martelage.sylvotheque.ch/tour/144>



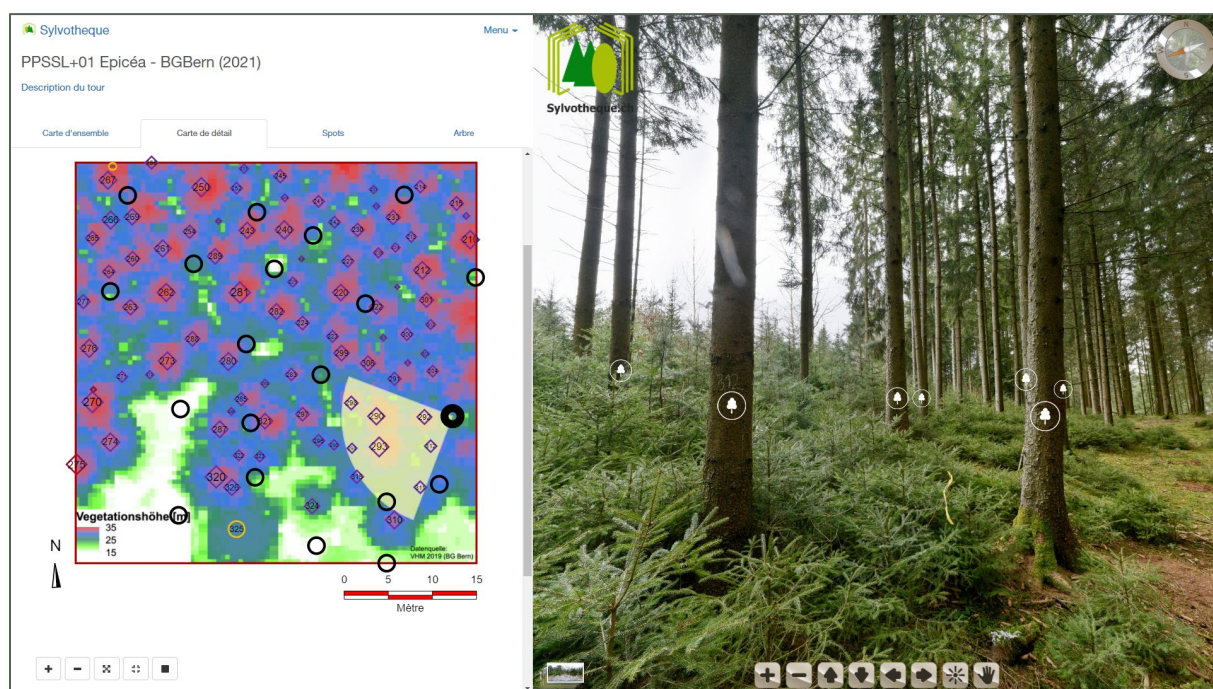
PPSSL01 Vieille futaie de hêtre à Konizberg - Bourgeoisie de Berne (relevés effectués par des étudiants dans le cadre du module d'enseignement sur la planification d'entreprise à la HAFL)

> <https://martelage.sylvotheque.ch/tour/144>



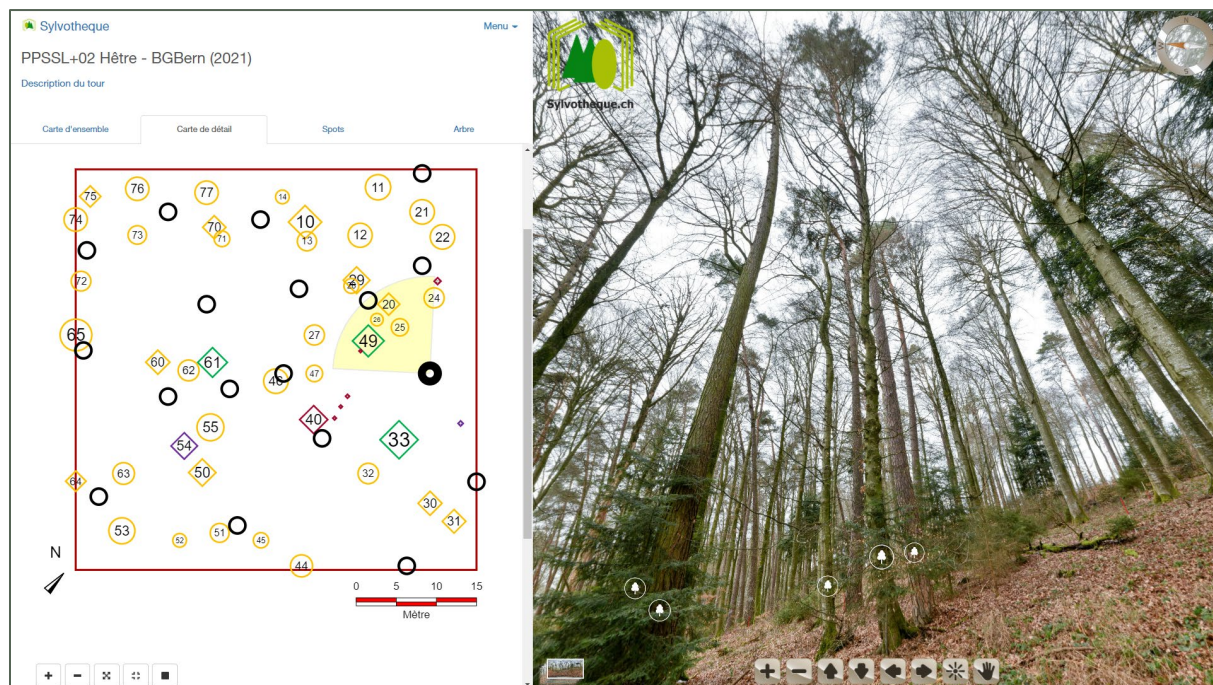
PPSSL+01 Moyenne futaie d'épicéa à Meilewald - Bourgeoisie de Berne (2021)

> <https://martelage.sylvotheque.ch/tour/194>



PPSSL+02 Vieille futaie de hêtre, de pin sylvestre et de mélèze à Grauholz - Bourgeoisie de Berne (2021)

> <https://martelage.sylvotheque.ch/tour/195>



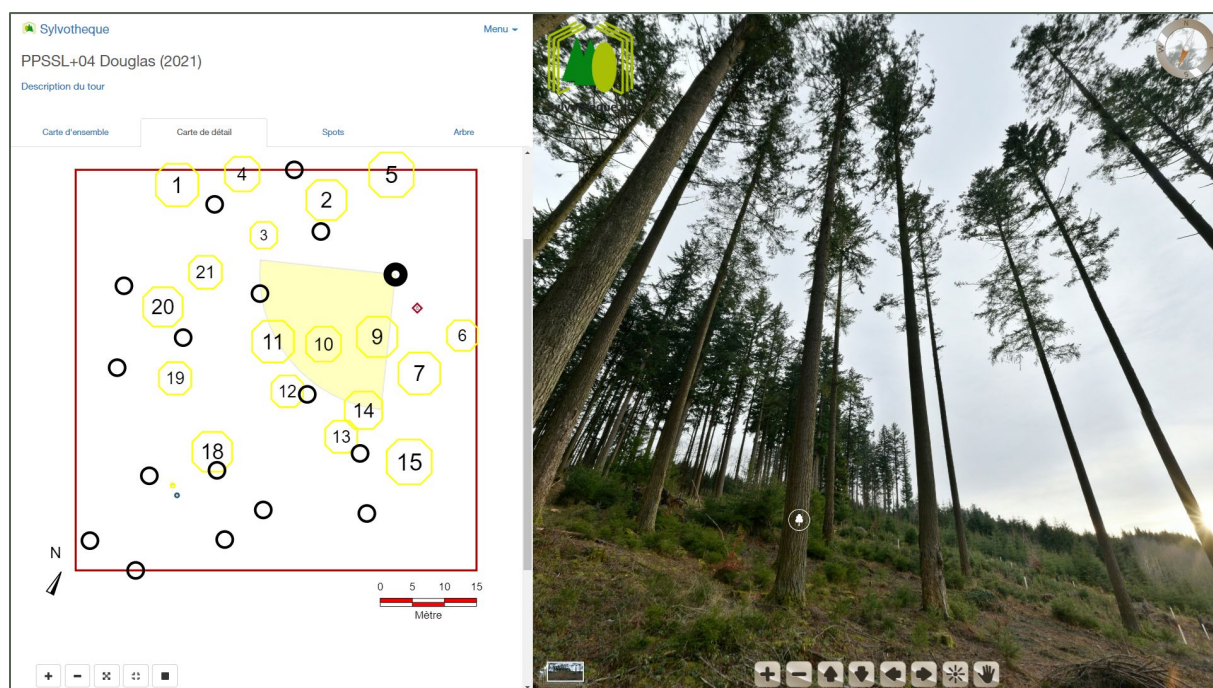
PPSSL+03 Vieille futaie de douglas, partie est - Willisau (2021)

> <https://martelage.sylvotheque.ch/tour/197>



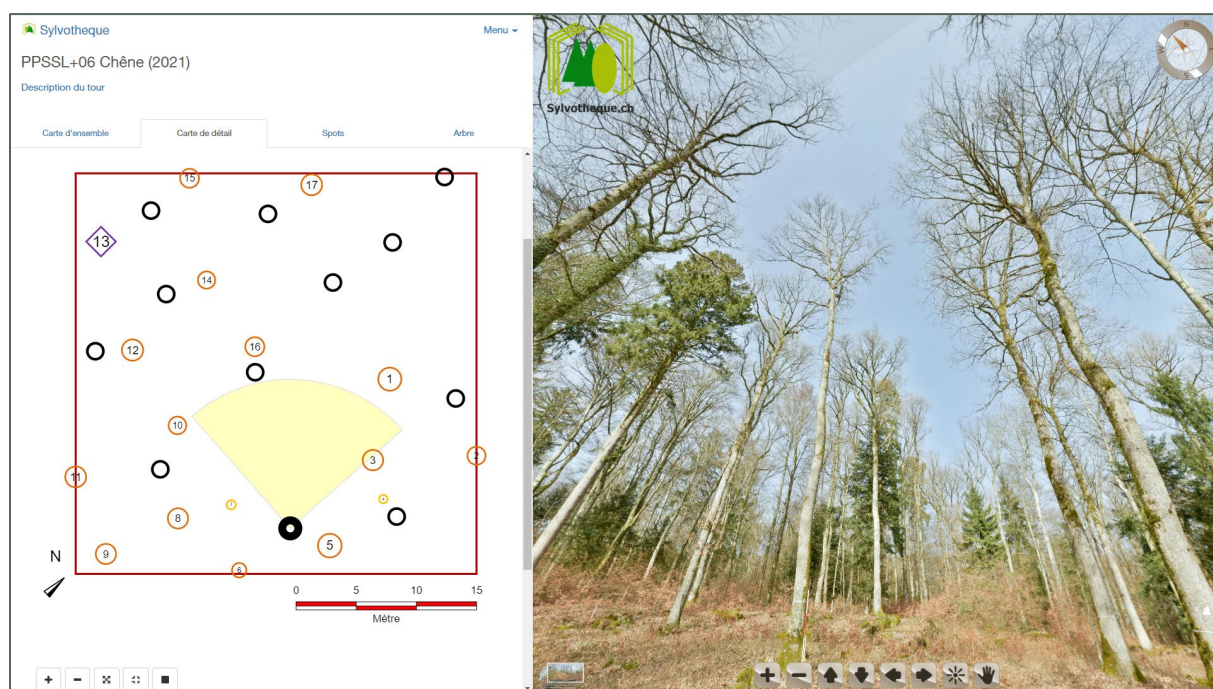
PPSSL+04 Vieille futaie de douglas, partie ouest - Willisau (2021)

> <https://martelage.sylvotheque.ch/tour/198>



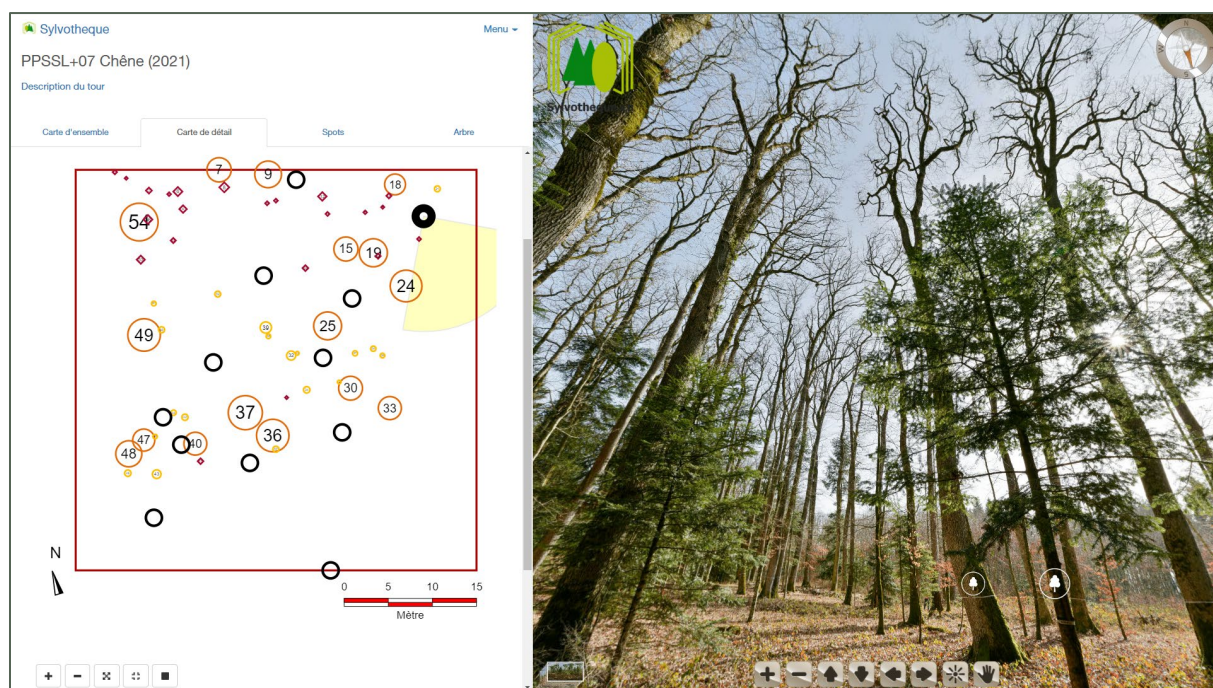
PPSSL+06 Vieille futaie de chêne - Gorgier - Saint-Aubin (2021)

> <https://martelage.sylvotheque.ch/tour/201>



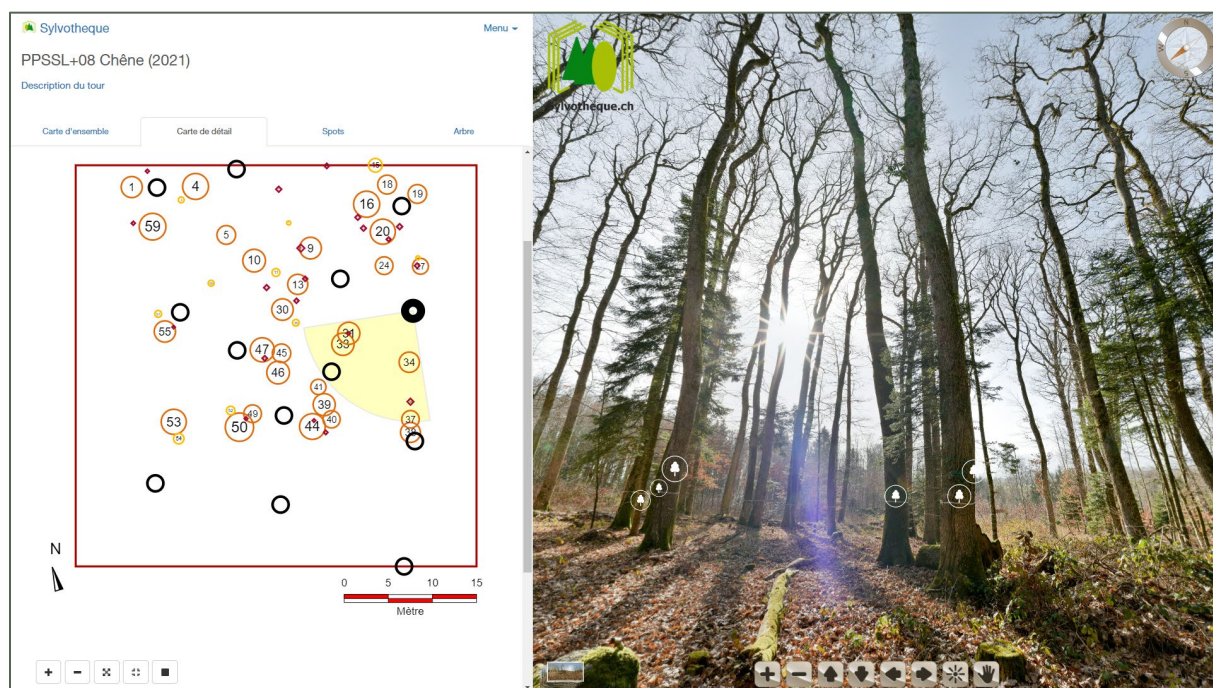
PPSSL+07 Vieille futaie de chêne, partie ouest - Pampigny (2021)

> <https://martelage.sylvotheque.ch/tour/202>



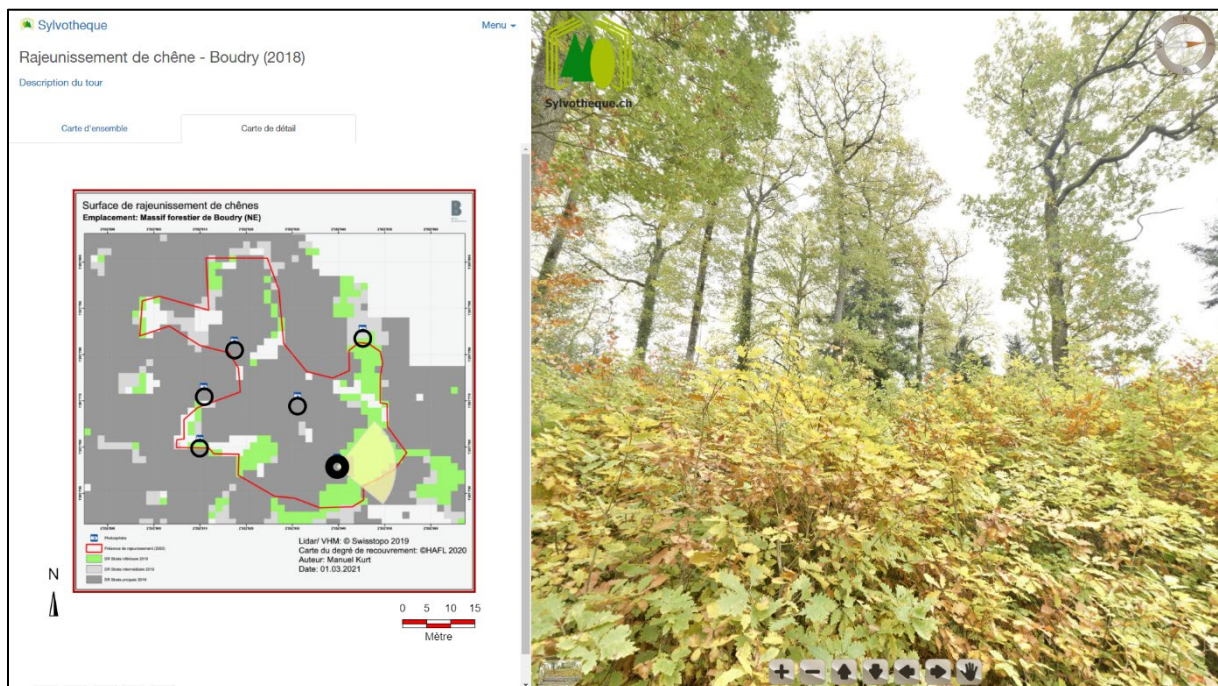
PPSSL+08 Veille futaie de chêne, partie est – Pampigny (2021)

> <https://martelage.sylvotheque.ch/tour/203>



C. Exemples du nouveau type de PPSS observation basé sur une documentation visuelle des surfaces au moyen de photosphères et d'une carte interactive

Rajeunissement de chêne à Boudry* > <https://martelage.sylvotheque.ch/tour/204>



Les photosphères ont été faites en 2018 et ont été intégrées dans ce nouveau format (cf. partie de droite) comprenant une carte interactive avec leur positionnement (cf. partie de gauche). La carte de fond est un fichier image qui peut être facilement téléchargée. Il s'agit ici d'une carte des peuplements faite avec l'application TBk.

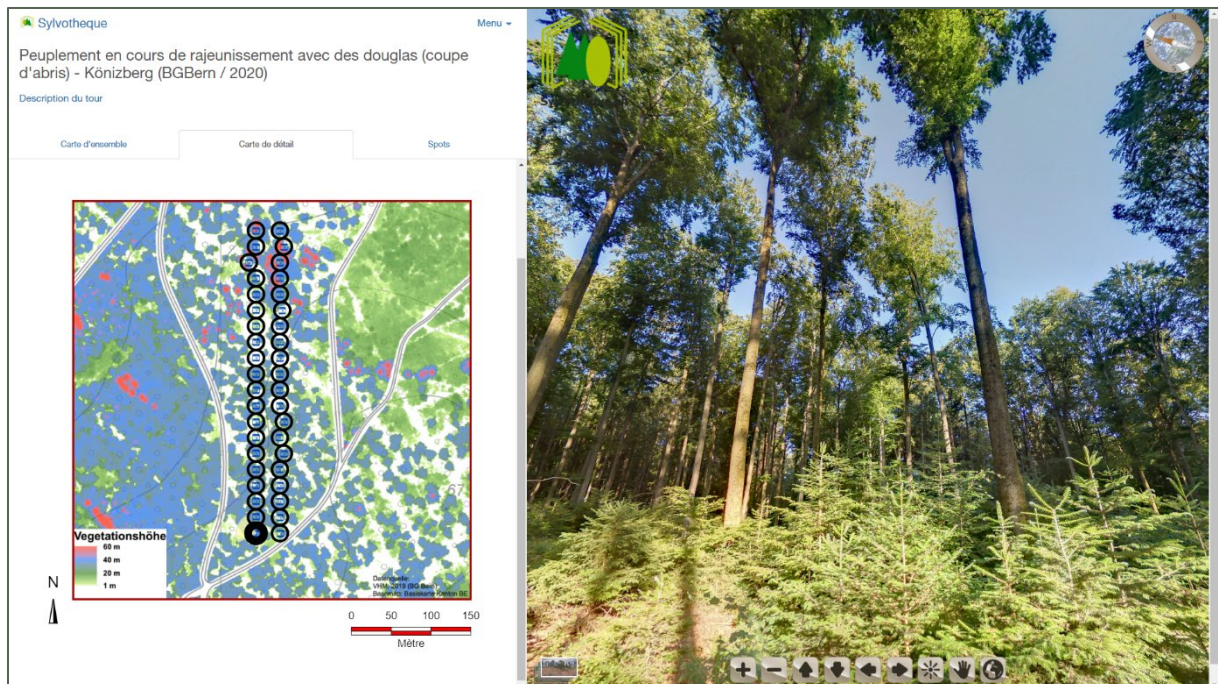
Rajeunissement de chêne à St-Aubin (NE) > <https://martelage.sylvotheque.ch/tour/199>



Cet exemple est conçu de la même manière que celui présenté ci-dessus.

Peuplement de hêtre, sapin, épicéa et douglas en cours de rajeunissement à Könizberg -
Bourgeoisie de Berne (2020)

> <https://martelage.sylvotheque.ch/tour/205>



D. Programme et support du cours de formation continue sur le rajeunissement du 7 juin 2021 organisé par la HAFL pour l'entreprise forestière de la Bourgeoisie de Berne (en allemand)

Programm: Kartierung der Verjüngungsqualität und Anzeichnung in Verjüngungsbeständen im Meilewald (Morgen), sowie Bremgartenwald (Nachmittag)

Meilewald 08.15 – 12.00

Treffpunkt 08.15 in der Nähe der HAFL > <https://s.geo.admin.ch/90f18f4785>

Grundlagen:

- Meilewald: 1. Fichtenbestand (PPSS22+) > <https://martelage.sylvotheque.ch/tour/194?panoramald=3002&altitude=-0.00256&azimuth=3.35314&zoom=1.57080>
- Meilewald: 2. Fichtenbestand mit Einzeldouglasien (PPSS51) > <https://martelage.sylvotheque.ch/tour/81>
- Meilewald: 3. Fichtenbestand mit Buchen in der mittleren Schicht > <https://martelage.sylvotheque.ch/tour/45>
- Meilewald: Buchenbestand > <https://martelage.sylvotheque.ch/tour/44?panoramald=753&altitude=0.52616&azimuth=-0.21461&zoom=1.57080>

Mittagessen: 12.30 – 13.15 an der HAFL

Bremgartenwald 13.30 bis ca. 17.00

Treffpunkt 13.30 im Bremgartenwald > <https://s.geo.admin.ch/90f1ca3b3a>

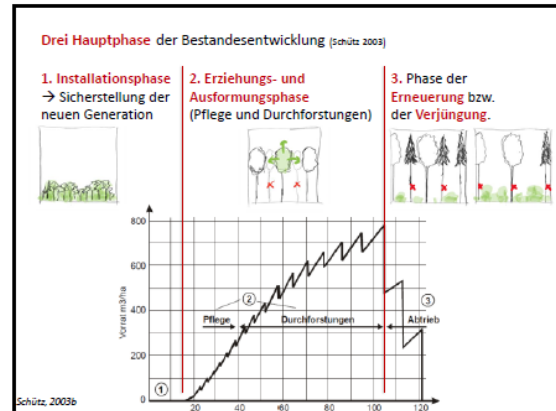
Grundlage:

- Flächige Veränderungen in den letzten 4 Jahren: https://waldmonitoring.ch/veraenderung?layers=karten-werk%3Andvi_decrease_2019_2018%2Ckarten-werk%3Andvi_decrease_2018_2017&opacity=1%2C1&visibility=true%2Ctrue&x=822989&y=5935679&zoom=17.3333
- Bremgartenwald 1: Buchen- und Fichtenbestand – Baumholz 3 > <https://martelage.sylvotheque.ch/tour/216>
- Bremgartenwald 2: Buchenbestand - Baumholz 3 > <https://martelage.sylvotheque.ch/tour/217>

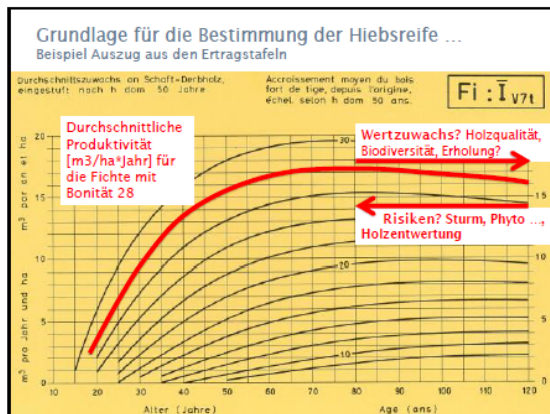
Support de cours :



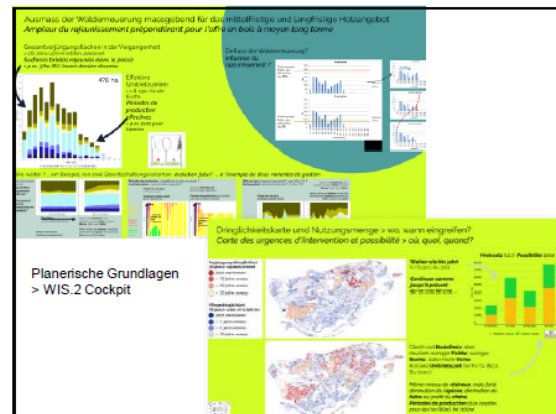
1



2



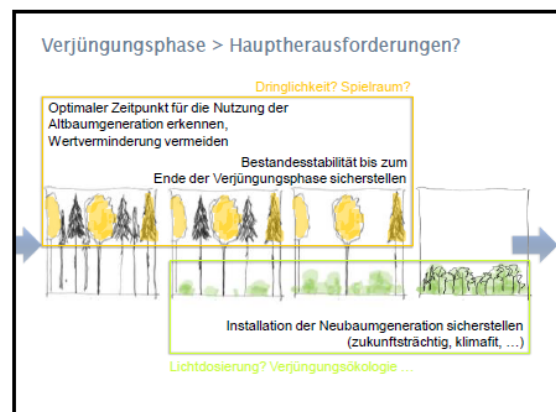
3



4



5



6

Hiebsarten nach zeitlicher Abfolge

... ein gutes Timing ist wesentlich

7

Verjüngungsabfolge

- 1. Vorbereitungshieb**
coupe de préparation
Der Bestand wird auf eine gute Fruktifikation oder auf gute Stabilität vorbereitet (Kronenpflege).
- 2. Besamungshieb**
coupe d'ensemencement
Es werden Voraussetzungen für die Keimung und Ansamung der Folgegeneration geschaffen.
- 3. Lichtungshieb(e)**
coupe secondaire
Lichtdosierung für eine optimale Entwicklung der vorhandenen Verjüngung.
- 4. Räumungshieb**
coupe de réalisation
Befreiung der Verjüngung und Abschluss des Generationswechsels



8

Verjüngungsabfolge

- 1. Vorbereitungshieb**
coupe de préparation
Der Bestand wird auf eine gute Fruktifikation oder auf gute Stabilität vorbereitet (Kronenpflege).
- 2. Besamungshieb**
coupe d'ensemencement
Es werden Voraussetzungen für die Keimung und Ansamung der Folgegeneration geschaffen.
- 3. Lichtungshieb(e)**
coupe secondaire
Lichtdosierung für eine optimale Entwicklung der vorhandenen Verjüngung.
- 4. Räumungshieb**
coupe de réalisation
Befreiung der Verjüngung und Abschluss des Generationswechsels



9

Woher und wann kommen die Samen?

z.B. ...

Samenverbreitung vom Waldrand

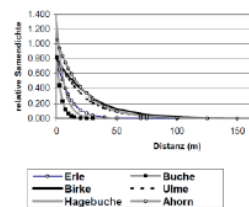


Abb. 6.7: Verbreitung der Samen von einem Waldrand in

Siehe Schütz 2003

Tabelle 9.3: Fruchtaktionszyklus der wichtigsten Baumarten

Baumarten	Blühzeit im Alter	Verteilung der Fruchtaktionen innerhalb eines Jahres		
		Teil-Ernte 10-40 %	Haupt-Ernte 40-70 %	Voll-Ernte 70-100 %
Auwe	70-80	1-2	1	0,5-1
Lärche	30-40	3	2	1
Fichte	50-60	3	2	1
Föhre	30-40	6	2	1
Tanne	60-80	4	2	2
Buche	50-60	3	1	1
Ahorn	30-50	4	3	1
Esche	30-50	3	2	3
Linde	30-50	4	3	3
Ulme	40-60	2	3	4
Esche	50-60	4	1	1
Hainbuche	30-40	1	3	3
Schwarzle	20-30	2	3	3
Birke	20-30	2	3	3

Nach Rohmeyer (1972); in: Mayer (1977)

10

Wieviel Licht braucht es ... differenziert nach Baumarten? z.B. ...

Tabelle 7.21: Zeitraum zwischen der Einleitung einer Verjüngung (Ansamung) und ihre Einleitung durch einen Lichtungs- oder Räumungshieb, im Falle von raschem Verjüngungstempo.

Baumarten	Zeiträume (Jahre)	Bemerkungen
Stieleiche	1-2	Wenig schattenertragend (ca. 10 % Licht pro Jahr)
Traubeneiche	2-5	Mehr schattenertragend als Stieleiche
Esche/Ahorn	3-6	in der Jugend eher schattenertragend
Föhre	4-8	mehr
Fichte	5-10	bei einer Schattenerziehung sobald Höhe 20 bis 30 cm
Buche	4-8	bei Lichterziehung
Tanne	10-20	Schattenerziehung; Deckungsgrad < 0,65

Siehe Schütz 2003

11

An was erkennt man, ob die Verjüngung genügend Licht hat? z.B. ...



T < L => Lichtmangel

T > L => genügend Licht

Abb. 7.1 Der Honowski-Lichtfaktor. Das Verhältnis von Gipfelfläche zu Seitenflächen stellt ein gutes Maß für den Lichtgenuss von Nadelbäumen, insbesondere Tanne und Fichte dar.

Nach Fabjanowski et al. (1974)



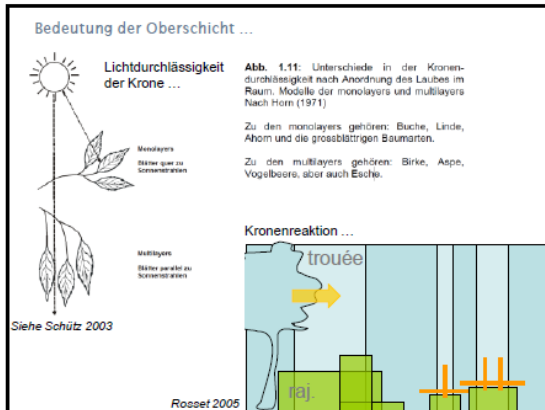
Abb. 7.2 Einfluss der Beschirmung auf die Form von Jungbäumen.

- bei Deckungsgrad 1,0 m vollständige Auflösung der Achse (Plagiotropie)
- bei Deckungsgrad 0,7: gelaugte Achse
- bei Deckungsgrad 0 (Freiwuchs): Neigung zur Auflösung der Achse

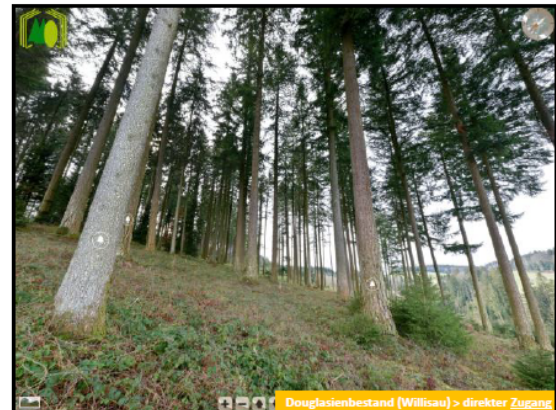
Nach Kurth (1946)

Siehe Schütz 2003

12



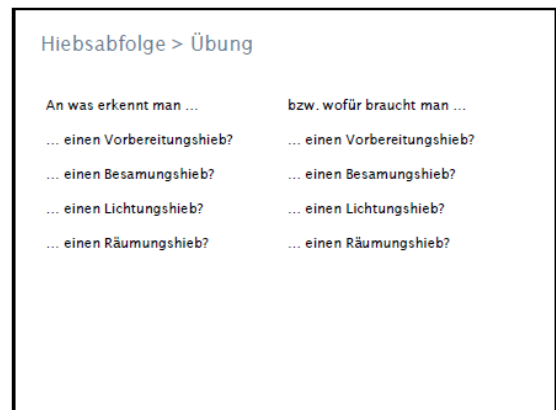
13



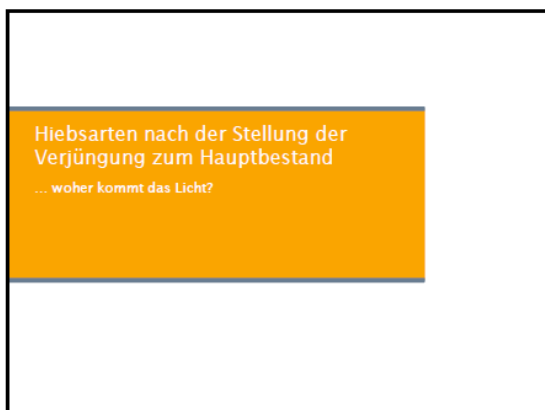
14



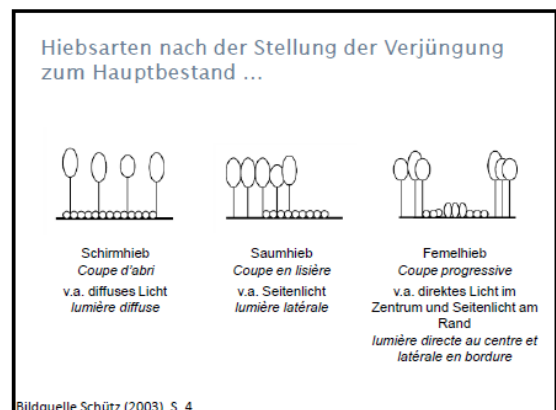
15



16



17



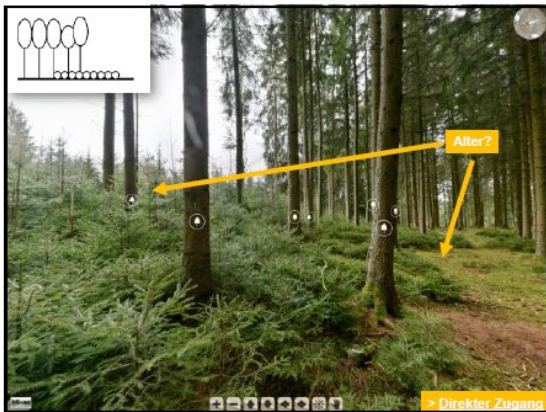
18



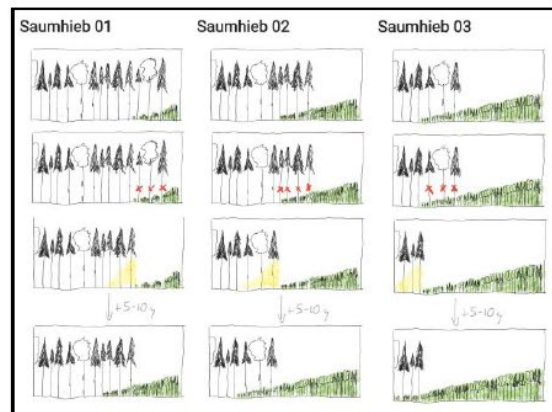
19



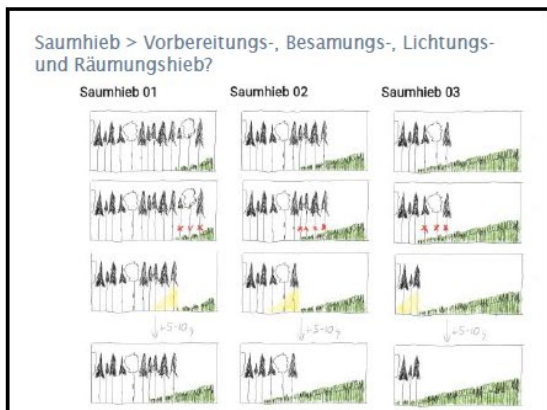
20



21



22



23



24

Tabelle 6.18: Vor- und Nachteile der Verjüngungsstellungen bezüglich Ansamung.

Verjüngungsstellung	Vorteile	Nachteile
 Schirmstellung	- gleichmässige Lichtverteilung - kein direktes Licht	- Wurzelkonkurrenz des Mutterbestandes - Schäden am Jungwuchs bei der Räumung der Muttergeneration
 Baumstellung	- relativ grosse Amplitude des Lichtfaktors - Holzabfuhr ohne grosse Schäden am Jungwuchs	- keine Lichtdosierung nicht gut möglich - Wurzelkonkurrenz des Mutterbestandes
 Lochstellung	- grosse Amplitude des Faktors Licht - keine Wurzelkonkurrenz des Altbestandes - günstige Holzabfuhr ohne Schäden am Jungwuchs	- zuviel direktes Licht im Zentrum, ungünstig für die Ansamlungsphase
 Kahntrieb	- keine Beschädigung am Jungwuchs	- zu grosse Lichtkontraste - keine Transpiration durch den Altbestand (Gefahr vorübergehender Verwässerung) - Bodenaustrocknung

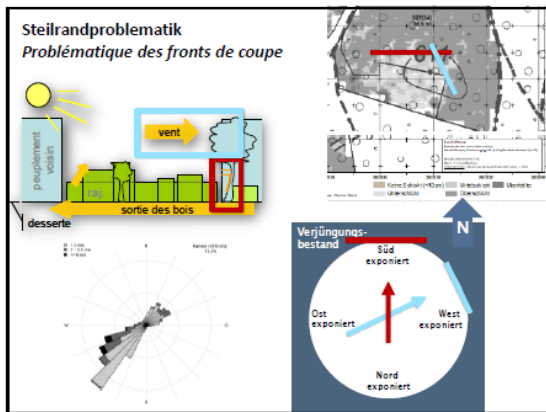
Schütz, 2003; S. 64

26

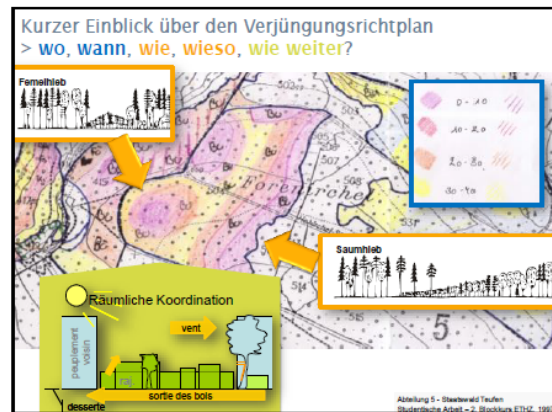
Zeitlich räumliche Abfolge des Verjüngungsfortschrittes

... Koordination notwendig!

27



28



29

Verjüngungsansprache

... Erfolgskontrolle der Verjüngung

30



31



32

Kartierung der Verjüngungsqualität ...

1. ... am Rand?

Rand mindestens 20m lang
Auflösung: 10m

2. ... in einer Lücke?

Lücke mit Platz für mindestens 3 dominierende Bäume / Auflösung: 10m

3. ... unter Schirm? (oder wenn unklar)

Auflösung: ca. 40m

A. Deckungsgrad der Verjüngung?

B. Haupthöhe der Verjüngung?
→ Farbe der Striche von A

< 1 m (dark green)
< 2 m (medium green)
< 5 m (light green)
< 10 m (yellow)

C. Entwicklungspotenzial?

- Nadelbäume?
- Monopodiale Laubbäume?
- Sympodiale Laubbäume?

D. Problemfläche für die Verjüngung (Konkurrenzvegetation, Wildverbisse)

< 20% (yellow square) < 50% (orange square) >= 50% (red square)

33

C. Entwicklungspotenzial

Nadelbäume: wenn der Endtrieb der dominierenden Bäume kürzer ist als die Seitentriebe...

- * wenn die Jahressegmente des Hauptssprosses seit mehr als 5 Jahren mehr oder weniger die gleiche Grössenordnung aufweisen
- ** wenn die Jahressegmente des Hauptssprosses seit mehr als 10 Jahren mehr oder weniger die gleiche Grössenordnung aufweisen

Sympodiale Laubbäume: wenn der Endtrieb der dominierenden Bäume um mindestens 30° von der Vertikalen abweicht (Plagiotropie)...

- * wenn dieses Phänomen seit mehr als 3 Jahren auftritt
- ** wenn dieses Phänomen seit mehr als 6 Jahren auftritt

Monopodiale Laubbäume: wenn der Schlankheitsgrad der dominierenden Bäume zu hoch ist (Heliotropie)...

- * falls $h/d > 150$
- ** $h/d > 200$

T ← Lichtmangel

34

Kurzbeschreibung der kartierten Verjüngungsflächen: Baumartenzusammensetzung und Entwicklungspotenzial

Angabe gemäss folgender Notation: xB1S1E1.xB2S1E2

- x:** Anteil der Baumart in 1/10, beginnend mit der Baumart mit dem grössten Deckungsgrad, dann im folgenden Baumarten in absteigender Reihenfolge
- B:** Abkürzung der Baumart → B1: für die erste Baumart, B2: für die zweite, etc.)
- S:** Stellung der dominierenden Bäume der Baumart gegenüber der dominierenden Bäumen der anderen Baumarten
 - + : dominierende Bäume mindestens 1/3 höher als die anderen Baumarten
 - : dominierende Bäume mindestens 1/3 kleiner als mindestens 1 andere Baumarten
- E:** Entwicklungspotenzial → keine Angabe, *, **

Beispiel: 8Fi+*.2Bu-**

35

Interpretation der Resultate (grobe Hinweise, muss noch konsolidiert werden)

Fichte / Tanne

Haupthöhe → Deckungsgrad ↓	<1m	<2m	<5m	<10m
90-100%				
70-90%				
50-70%				
<50%				

** : ein Farbabstufen tiefer (vom Grün zu Gelb oder vom Gelb zum Orange)

Buche

Haupthöhe → Deckungsgrad ↓	<1m	<2m	<5m	<10m
90-100%				
70-90%				
50-70%				
<50%				

* : eine Farbabstufe tiefer / ** : zwei Farbabstufen tiefer

36

Entscheidungsgrundlagen (Diskussionsgrundlage)

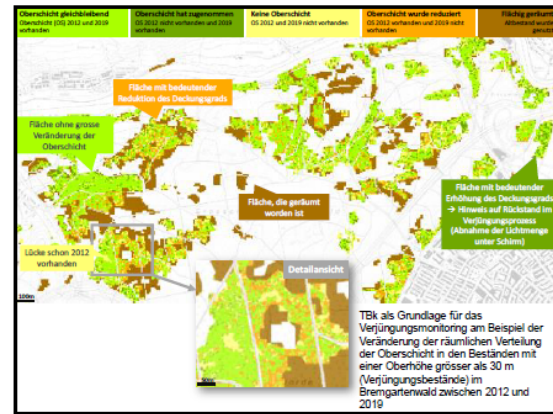
DG >80-90%	DG >50-60%	DG <50-60%	DG <20%
Ev. früherer Eingriff mit nachträglichen Kronenschluss, Hiebperiode der Hauptschicht v.a. wichtig	< 1m: Möglichkeit zu ergänzen > 2m: Gefahr der Entschäden	Vermutlich nicht mehr genügend Schatten, um mit dem Licht zu arbeiten	Verjüngungsprozess abgeschlossen
Möglichkeit, die Verjüngung zu übernehmen	Alles in Ordnung. Timing der Eingriffe gut planen.		
... aber nicht optimal	Letzte Möglichkeit, die Verjüngungssituation zu verbessern	Suboptimal. Möglichkeit z.B. mit Ergänzungspflanzungen zu arbeiten	
... vermutlich zu spät	Möglichkeit die Bäume (>5m) für die Lichtdosierung zu nutzen	Pflanzung vermutlich notwendig, mit Naturverjüngung als Ergänzung wenn <1-2 m	

DG: Deckungsgrad der Hauptschicht (Altageneration)

37

TBk > Beispiel Bremgartenwald

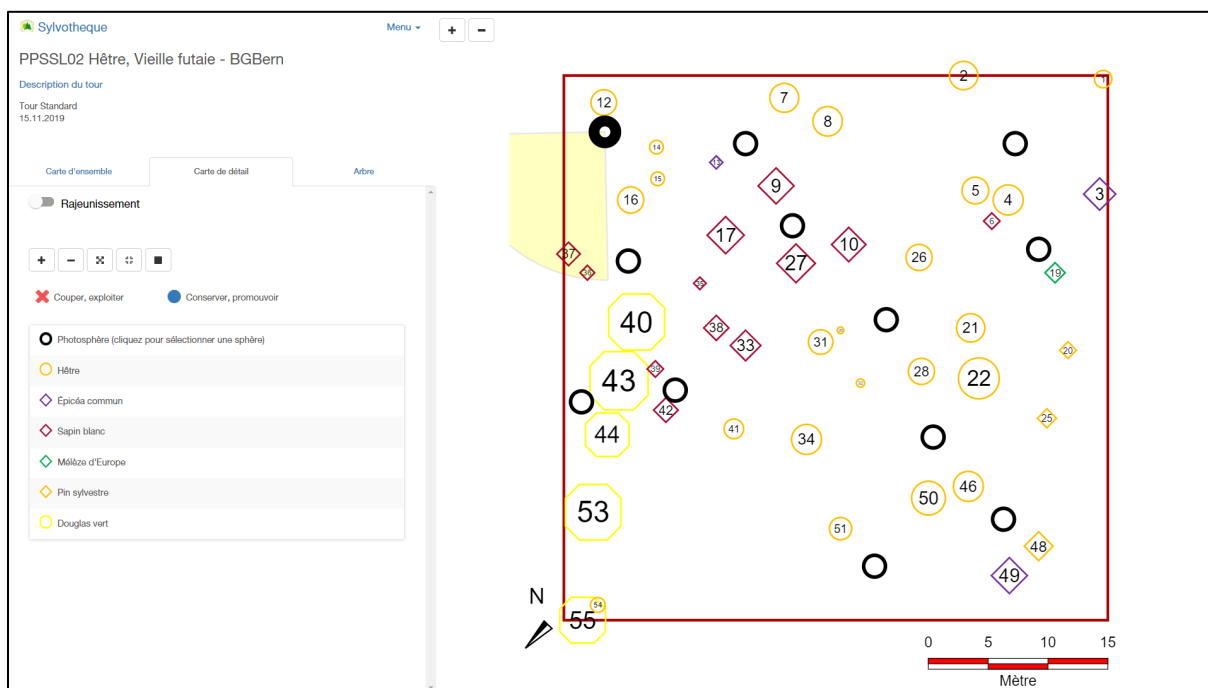
38



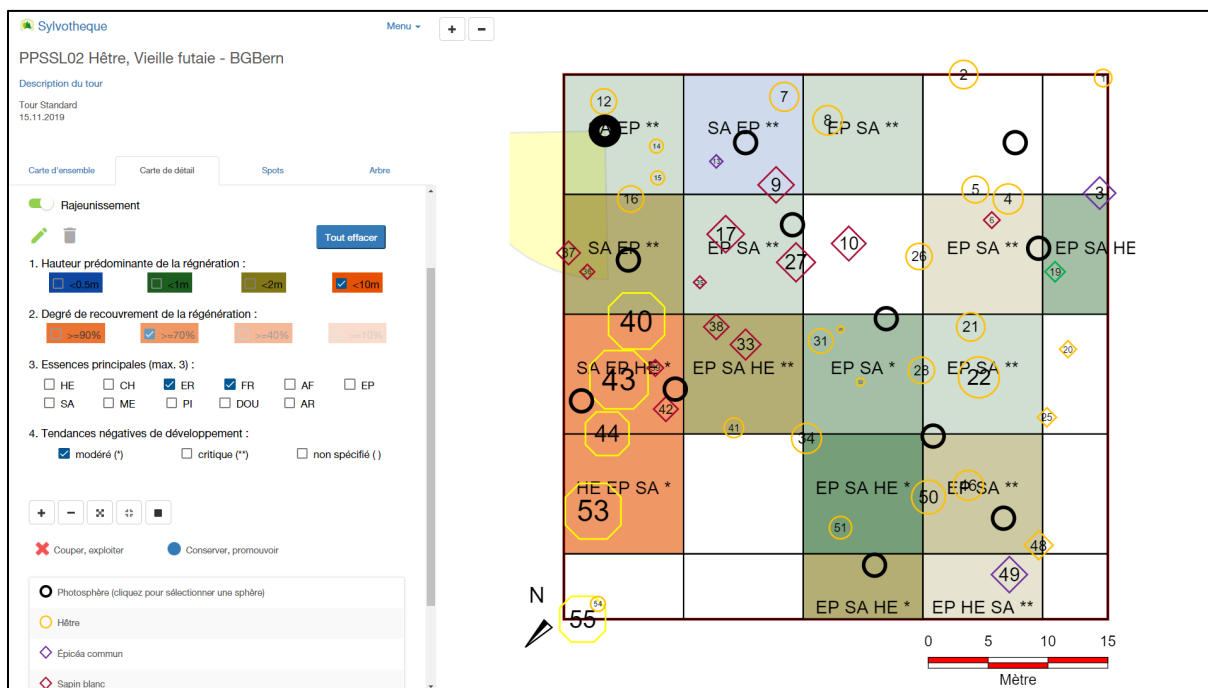
39

E. Informations sur le rajeunissement en présence sur martelage.sylvotheque.ch

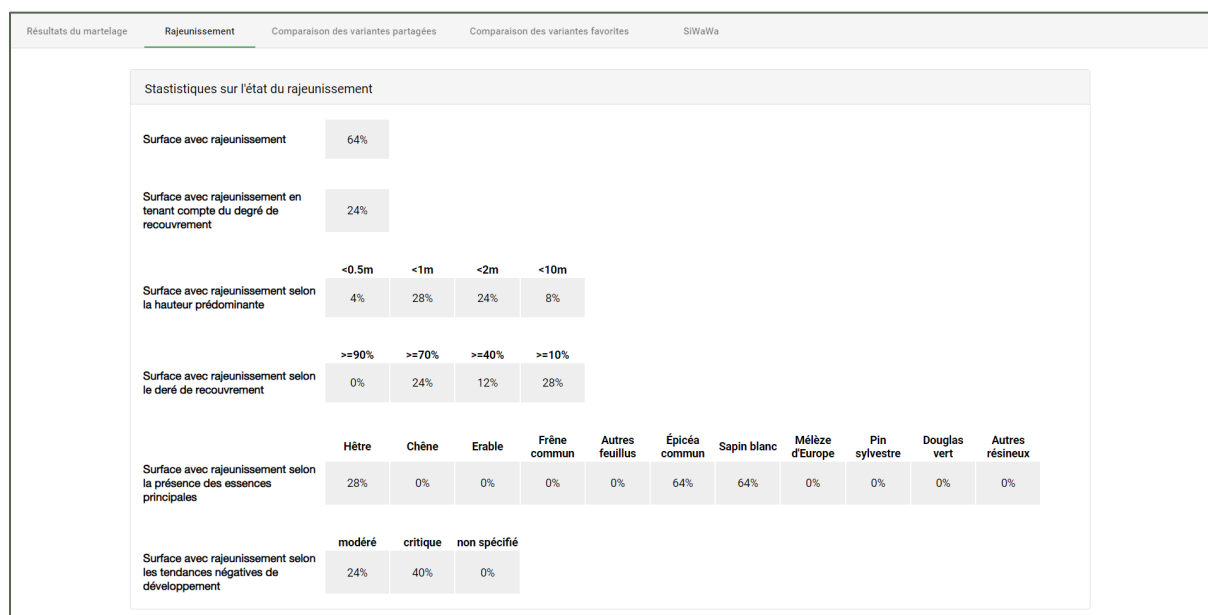
La figure ci-après montre la vue standard de la carte interactive pour effectuer des martelages ...



La figure suivante montre la vue « rajeunissement » après avoir activé l'option éponyme juste sous l'onglet « Carte de détail ». Une grille de 10 * 10 m est venue s'ajouter automatiquement avec la possibilité de décrire l'état du rajeunissement sur chacune de ses cases, en particulier la hauteur prépondérante, le degré du recouvrement, les essences principales en présence (maximum 3) et les tendances de développement négatives (p.ex. en lien avec la plagiotropie ou l'héliotropie).

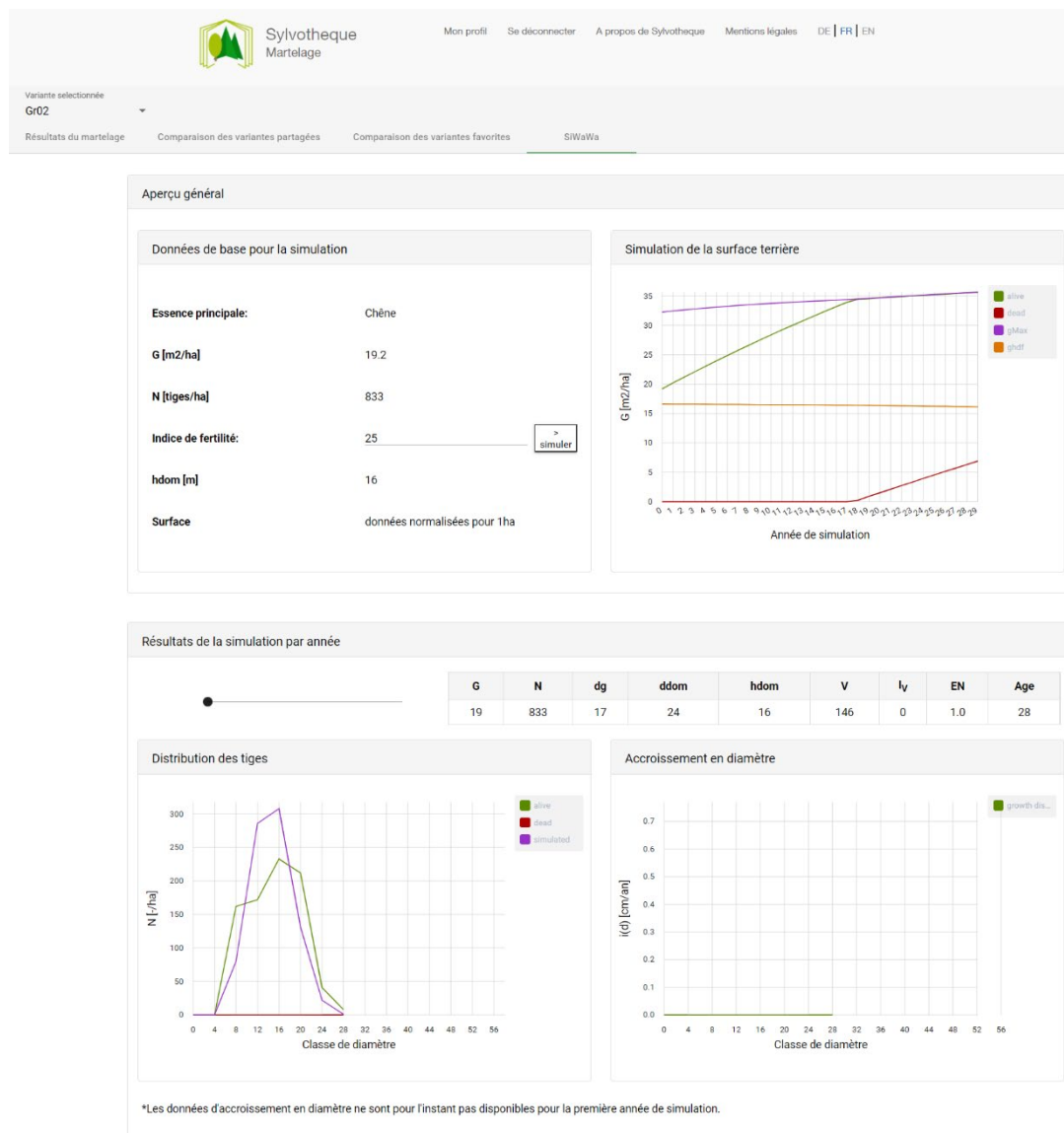


Un résumé des relevés sur l'état du rajeunissement est proposé sur la page statistique du tour (cf. figure ci-après).



F. Intégration de SiWaWa sur martelage.sylvotheque.ch et reprise des données des PPSS sur l'application pour Smartphone SiWaWa

Simulation du développement futur sans intervention d'une PPSS avec le modèle de croissance SiWaWa à l'exemple de la PPSS 8 > capture d'écran de l'application martelage.sylvotheque.ch avec les résultats pour le début de la simulation (année 0) :



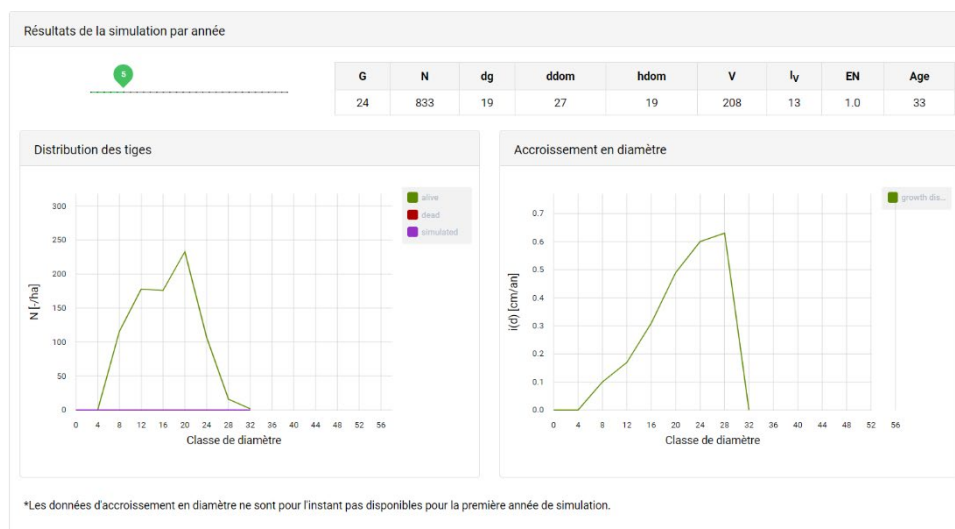
Les données dendrométriques clés de la PPSS sont reprises automatiquement, à savoir l'essence principale, la surface terrière et le nombre de tiges par ha. L'utilisateur-riche a la possibilité de changer l'indice de fertilité et, de cette manière, indirectement la hauteur dominante (partie en haut à gauche).

La simulation du développement futur de la PPSS reprend automatiquement la distribution des tiges par classes de diamètres mesurés sur la PPSS. Les résultats de la simulation sont visualisés sous différentes formes :

- l'évolution de la surface terrière avec indication de la surface terrière maximale (Gmax) et recommandée (Grec) (cf. le manuel d'utilisation SiWaWa ou Schütz et Rosset 2016 pour plus d'informations) (graphique en haut à droite)
- l'évolution des données dendrométriques clés : G (surface terrière par ha), N (nombre de tiges par ha), dg (diamètre quadratique moyen), d_{dom} (diamètre dominant), h_{dom} (hauteur dominante), V (matériel sur pied par ha), I_v (accroissement en volume par ha et par année), EN (niveau de production) et l'âge (estimation grossière) (tableau au milieu)

- l'évolution de la distribution des tiges avec possibilité de comparer la distribution calculée par SiWaWa et la distribution réelle (graphique en bas à gauche)
- l'évolution de la croissance en diamètre (id) par classes de diamètres (graphique en bas à droite)

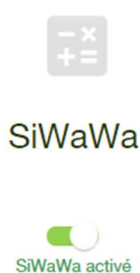
Capture d'écran de l'application martelage.sylvotheque.ch avec les résultats pour la 5^{ème} année de simulation :



L'utilisateur-riche peut choisir l'année de simulation en cliquant dans la partie en haut à gauche. La 5^{ème} année de simulation est par exemple sélectionnée dans le graphique ci-dessus. Les données sont automatiquement actualisées en conséquence. La surface terrière est par exemple de 24 m²/ha après 5 ans. Elle était de 19 m²/ha au début de la simulation (cf. ci-dessus), soit 5 m²/ha de moins, ce qui correspond à un accroissement de 1 m²/ha*année.

SiWaWa est disponible sur martelage.sylvotheque.ch sous forme d'option que l'utilisateur-riche peut activer si elle ou il désire utiliser SiWaWa.

Extrait de la page « mon profil » sur martelage.sylvotheque.ch pour l'activation de SiWaWa:



Le modèle de simulation de la croissance des forêts SiWaWa (Simulation WaldWachstum) ne nécessite que trois données d'entrée : La surface terrière par ha (G), le nombre de tiges par ha (N) ainsi que l'indice de fertilité ou la hauteur dominante (hdom).

Des informations détaillées sur l'état et le développement ultérieur du peuplement sont dérivées à partir des trois données d'entrée, par ex. la répartition du nombre de tiges par classes de diamètre, le volume sur pied ou le diamètre dominant (ddom).

Les bases du fonctionnement de SiWaWa sont relativement simples: à partir des trois données d'entrée, une distribution du nombre de tiges par classes de diamètres est générée. Cette distribution permet de déterminer les conditions de concurrence pour chaque arbre et de simuler la croissance de son diamètre. SiWaWa calcule également la surface terrière maximale (Gmax) à partir de laquelle la mortalité des arbres dans le peuplement se produit en raison d'une densité trop élevée. Le programme de simulation fournit également une recommandation de surface terrière à atteindre pour les éclaircies (Gempfl).

Domaine d'application : futaie régulière, peuplements purs (>80 %) de hêtres, de chênes, de frênes/érables, d'épicéas, de sapins de Douglas et de pins.

SiWaWa est également disponible sous forme d'application pour smartphone sur Android avec des fonctionnalités supplémentaires. Par exemple, il est possible de simuler des interventions. Pour plus d'informations, voir la description sur planfor.ch.

L'avantage de procéder de cette manière est de ne pas intégrer toutes les fonctionnalités disponibles dans l'interface utilisateur dès la première utilisation de l'application. L'idée est de

limiter le contenu de l'interface utilisateur à l'essentiel, puis de permettre à l'utilisateur-riche d'accéder par étapes à des fonctionnalités supplémentaires si il ou elle le désire tout en ayant la possibilité de s'informer sur ces options.

Accès direct aux données des PPSS disponibles sur martelage.sylvotheque.ch dans l'application pour Smartphone SiWaWa (pour plus d'information, cf. projet OFEV « Aktualisierung der Waldplanung ») :

L'utilisateur-riche peut cliquer sur le bouton « MSC-Tour Simulieren » pour ...

SiWaWa 2.0

Baumart: Buche

G [m²/ha]: 30.0

N [Stämme/ha]: 1000

Bonität: 22

hdom [m]: 27

Alter: 66

dmin [cm]: -

dmax [cm]: -

Neue Simulation

MSC-Tour Simulieren

... accéder à la liste des PPSS référencées sur martelage.sylvotheque.ch ...

Liste

MSC-Tourliste aktualisieren

PPSS08 Oak - BGBern
N:833

PPSS09 Douglas fire - BGBern
N:327

PPSS10 Spruce - BGBern
N:517

PPSS11 Spruce - BGBern
N:563

PPSS11 Spruce - DBH 2019 - B...
N:563

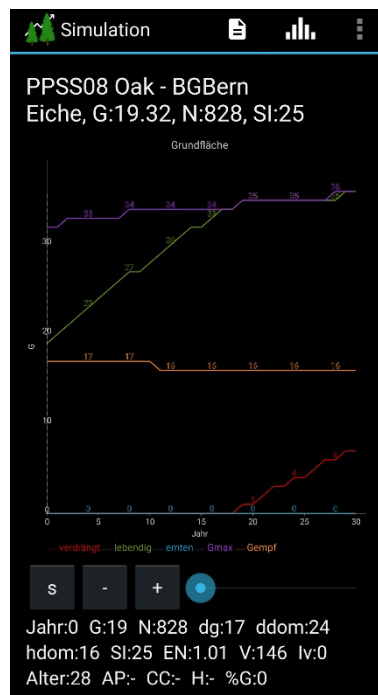
PPSS12 Spruce - BGBern
N:671

PPSS13 Beech - BGBern
N:557

PPSS14 Beech - BGBern
N:947

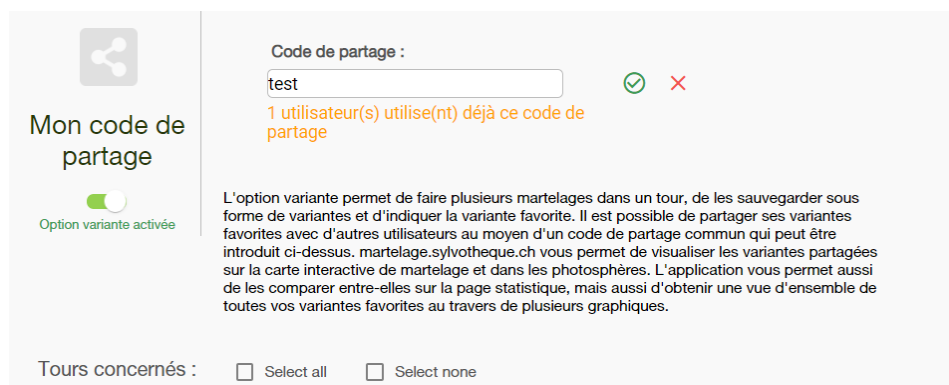
PPSS15 Spruce - BGBern
N:7268

...et ensuite effectuer des simulations avec la PPSS sélectionnée.



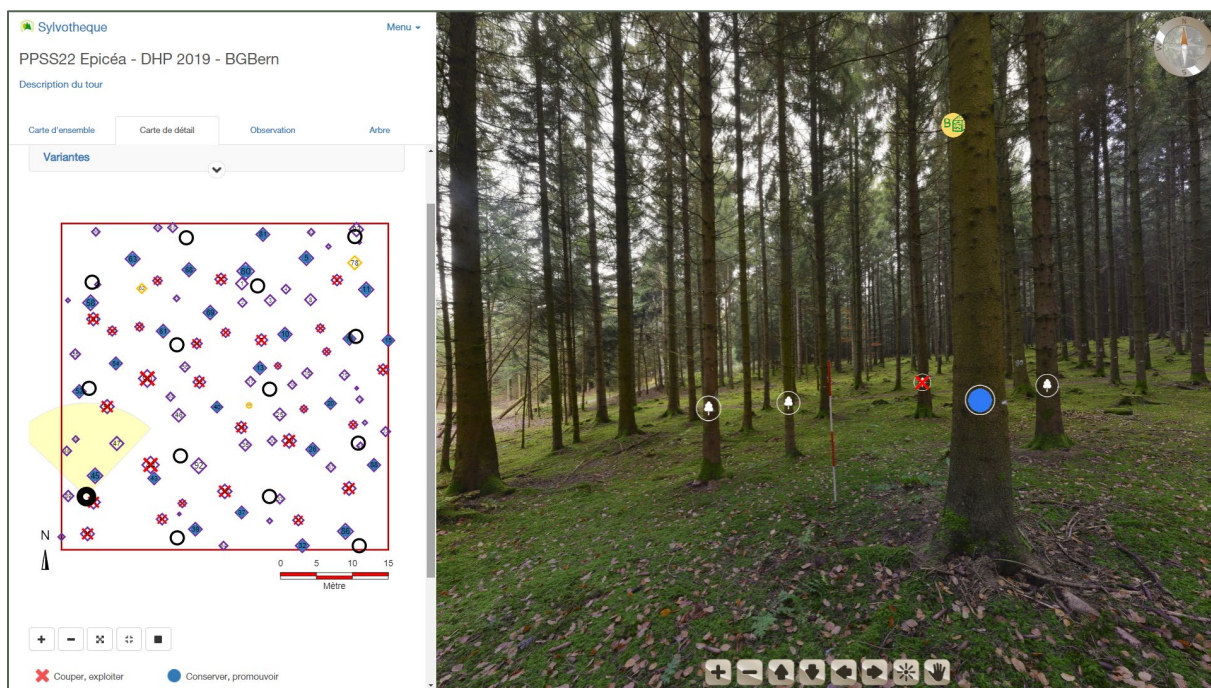
G. Comparaison des résultats de martelage entre utilisateurs-rices sur martelage.sylvotheque.ch

MSC offre la possibilité de comparer directement ses résultats de martelage avec ceux d'autres utilisateurs-rices. Pour ce faire, il suffit d'activer l'option de partage de variantes qui se trouve sur la page « mon profil » et d'entrer un code de partage. Les martelages des utilisateurs-rices qui ont introduit le même code de partage sont dès lors accessibles. L'application signale si un code de partage est déjà utilisé et indique le nombre d'utilisateurs-rices concernés si c'est le cas (cf. ci-dessous).

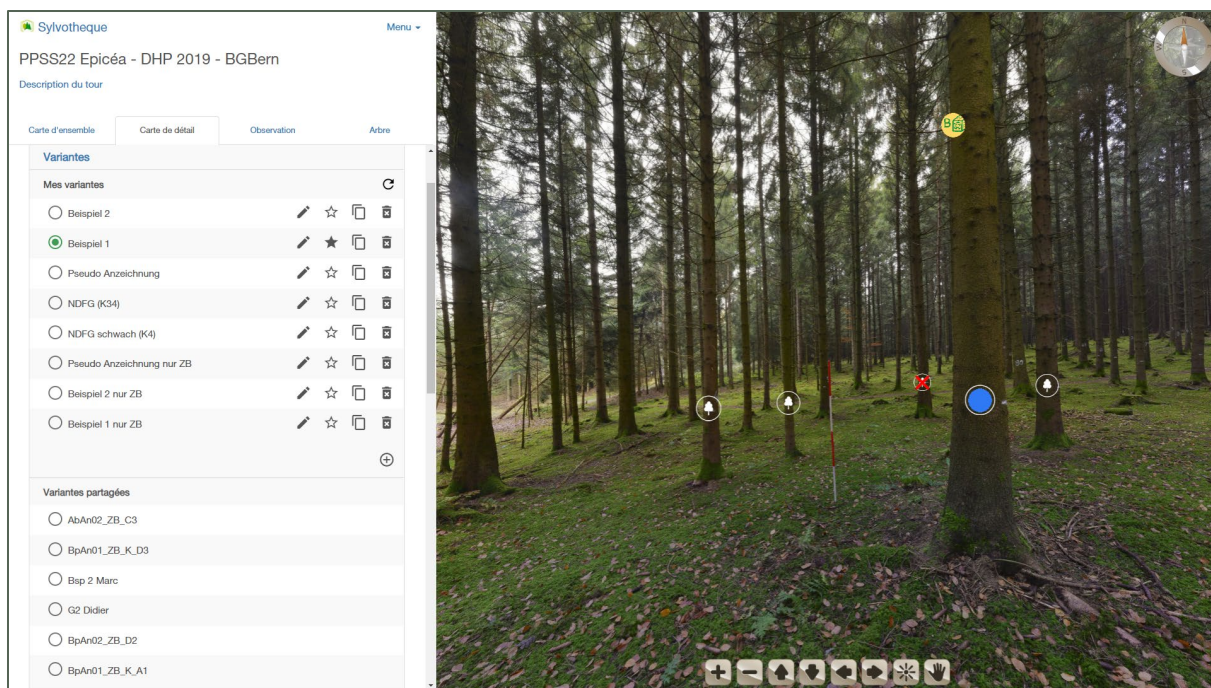


The screenshot shows a web interface for a user profile. On the left, under 'Mon code de partage', there is a green toggle switch labeled 'Option variante activée'. The main section is titled 'Code de partage :'. It contains a text input field with the value 'test', followed by a green checkmark and a red 'X' icon. Below the input field, a message in orange text states: '1 utilisateur(s) utilise(nt) déjà ce code de partage'. A paragraph of text explains the sharing feature: 'L'option variante permet de faire plusieurs martelages dans un tour, de les sauvegarder sous forme de variantes et d'indiquer la variante favorite. Il est possible de partager ses variantes favorites avec d'autres utilisateurs au moyen d'un code de partage commun qui peut être introduit ci-dessus. martelage.sylvotheque.ch vous permet de visualiser les variantes partagées sur la carte interactive de martelage et dans les photosphères. L'application vous permet aussi de les comparer entre-elles sur la page statistique, mais aussi d'obtenir une vue d'ensemble de toutes vos variantes favorites au travers de plusieurs graphiques.' At the bottom, there is a section 'Tours concernés :' with two checkboxes: 'Select all' and 'Select none'.

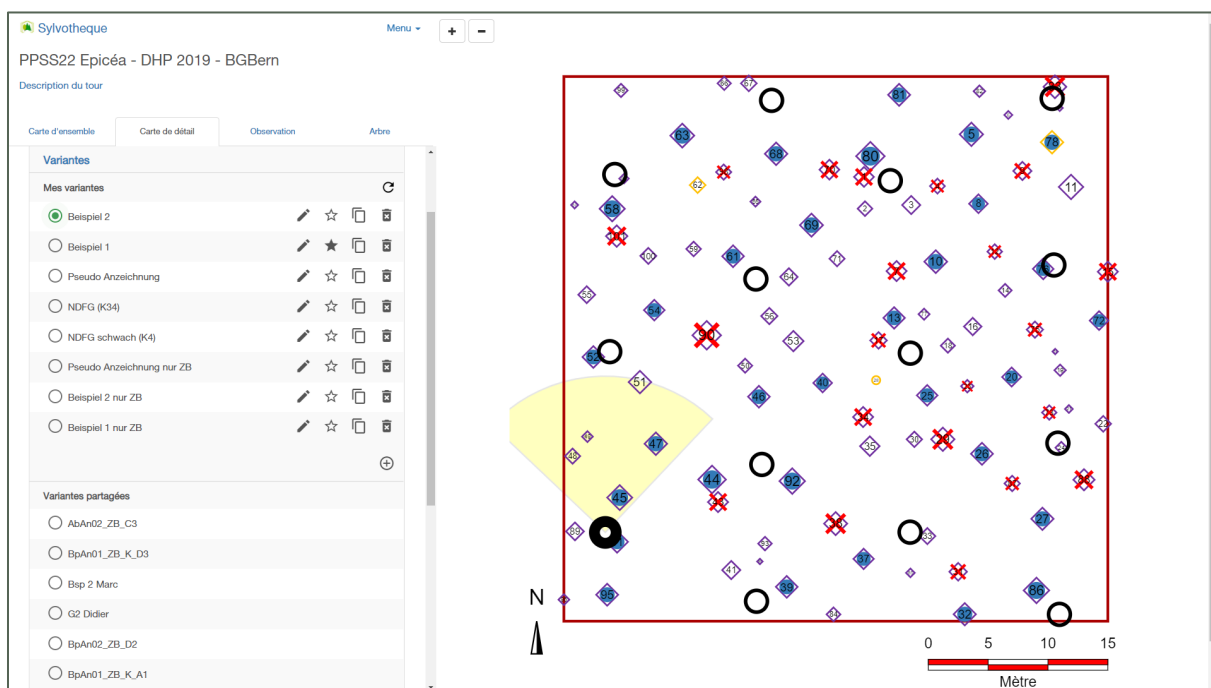
Une section dédiée aux variantes apparaît dans la page de chaque tour dans l'onglet « Carte de détail » (cf. figure ci-après).



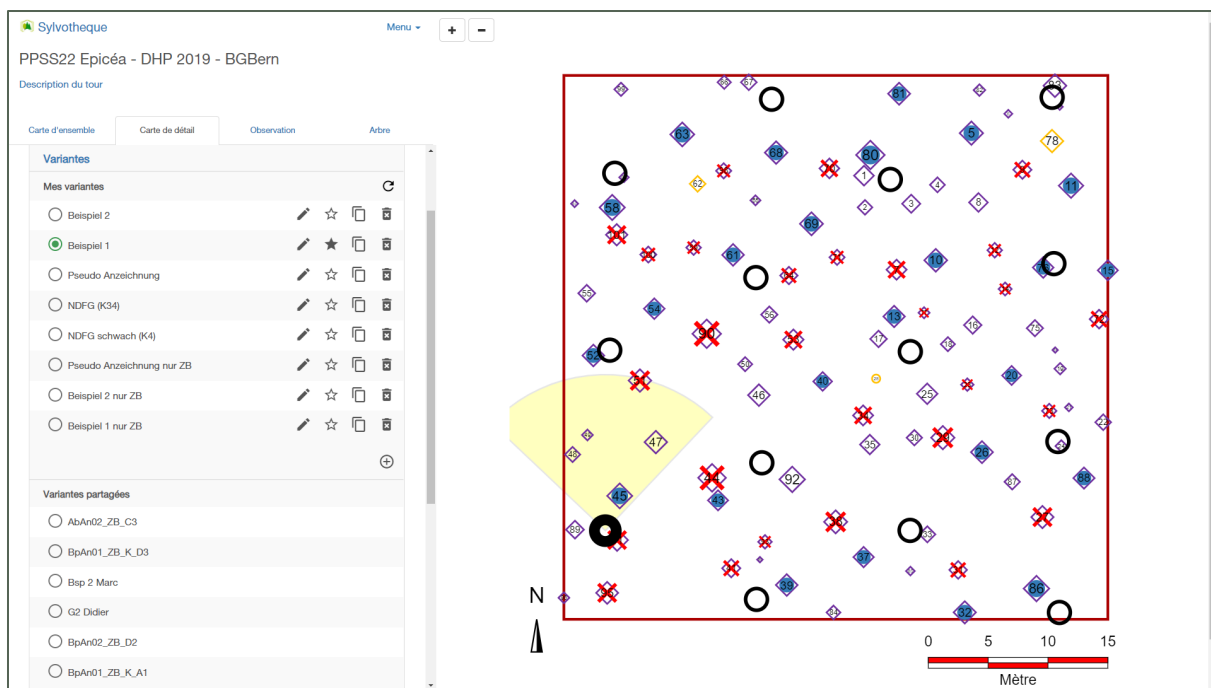
La section variante est composée de ses propres variantes qu'il est possible de renommer (en cliquant sur le symbole sous forme de crayon), de dupliquer (en cliquant sur le symbole avec les deux rectangles superposés) et d'effacer (en cliquant sur le symbole sous forme de poubelle). L'utilisateur-riche a aussi la possibilité de choisir sa variante préférant en cliquant sur le symbole sous forme d'étoile. Seules les variantes préférées sont partagées avec les utilisateurs-rices disposant du même code de partage. Elles apparaissent dans la deuxième partie de la section (cf. figure ci-après)



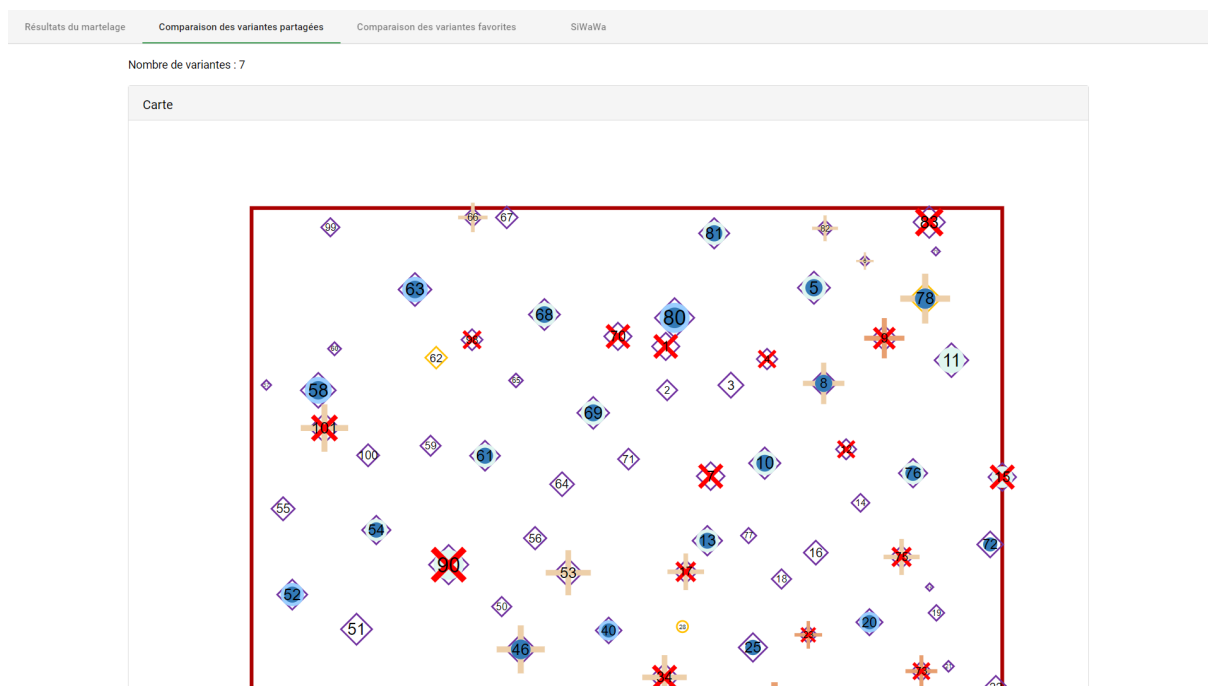
L'utilisateur-riche peut facilement changer de variante en cliquant sur celle qui l'intéresse, par exemple en cliquant sur la première dans la liste ... (cf. figure ci-après)

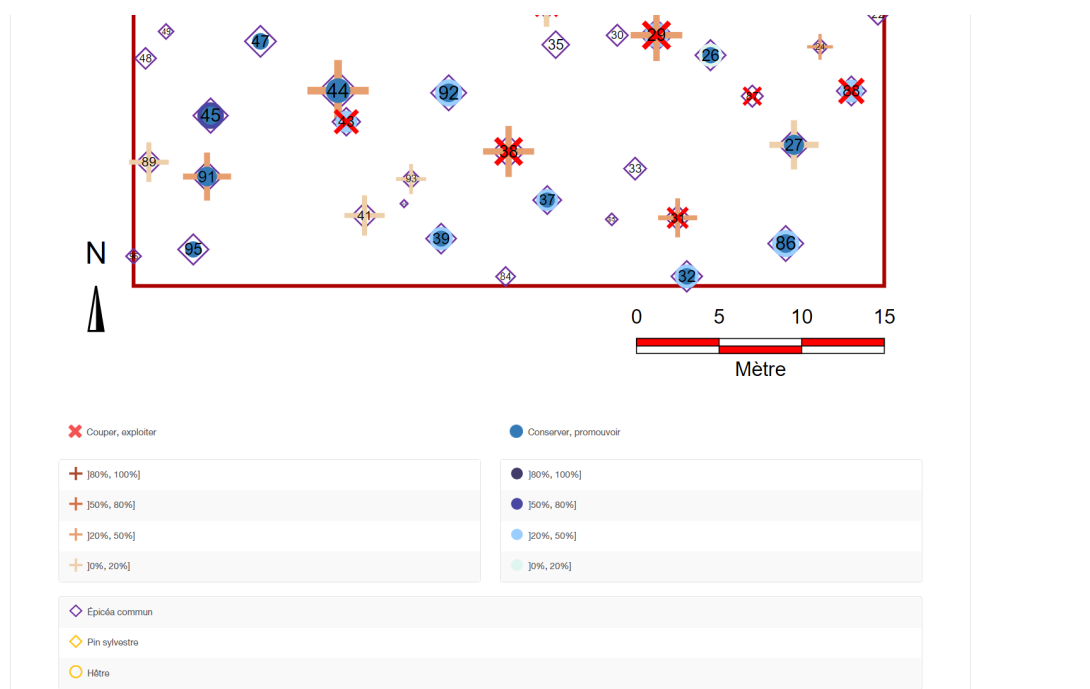


... puis sur la deuxième (cf. figure ci-après) pour mieux se rendre compte des différences de martelage.



L'utilisateur-riche a aussi la possibilité de se rendre sur la page statistique de chaque tour et de comparer ses variantes avec celles des autres utilisateurs-riche avec le même code de partage en cliquant sur l'onglet « comparaison des variantes partagées ». A nouveau, seules les variantes préférées des autres utilisateurs seront prises en compte. Il y a par exemple 7 variantes prises en compte dans la figure ci-après. Les résultats sont présentés tout d'abord sous forme de carte.





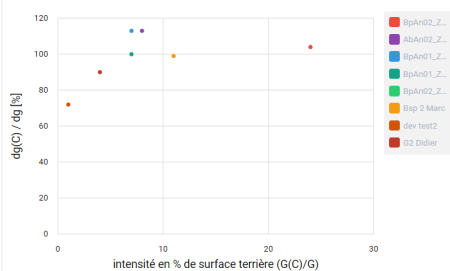
Sa propre variante est visualisée de manière standard au moyen de pastilles bleues pour les arbres de place et de croix rouges pour les arbres à exploiter (cf. première ligne de la légende de la carte dans la figure ci-dessus). Les résultats des autres variantes sont visualisés avec le même type de symboles, mais de taille un peu plus grande et de couleurs différentes selon la proportion obtenue. Par exemple, l'arbre numéro 92 est sélectionné comme arbre de place dans sa propre variante (pastille bleu foncé) et dans 20 à 50% des autres variantes (pastille bleu clair plus grande que la pastille bleu foncé). L'arbre 44 a aussi été sélectionné comme arbre de place dans sa propre variante, mais comme concurrent dans 20 à 50% des autres variantes.

Les résultats des martelages des variantes prises en compte sont aussi représentés sous forme de graphiques. La figure ci-après montre trois graphiques :

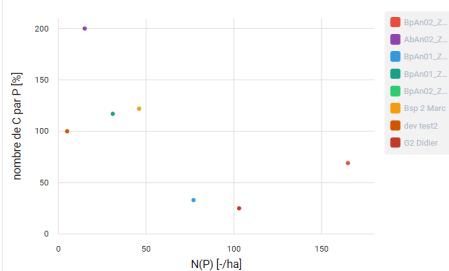
- celui du haut à gauche informe sur l'intensité de l'intervention en termes de pourcentage de surface terrière exploitée et sur le type d'intervention avec le rapport entre le diamètre quadratique moyen des arbres concurrents et celui du peuplement (une valeur supérieure à 1 indique que les concurrents ont un diamètre en moyenne plus grand que le diamètre moyen du peuplement, cf. facteur de Hiley),
- celui du haut à droite informe sur le nombre d'arbres de place par ha et le nombre moyen de concurrents par arbre de place,
- celui du bas à gauche reprend l'information sur le nombre d'arbres de place par ha et la met en relation avec le diamètre quadratique moyen des arbres de place par rapport au diamètre quadratique moyen du peuplement.

Comparaison des variantes au moyen de graphiques

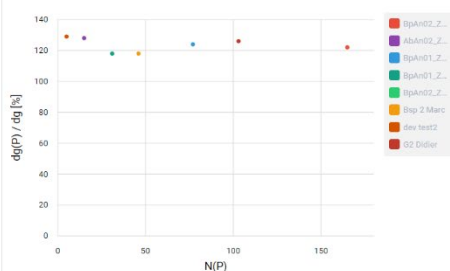
Intensité de l'intervention et diamètre des concurrents (C)



Intensité de l'intervention et nombre d'arbres de place (P)



Arbres de place (P)



H. Comparaison des martelages effectués sur différentes surfaces sur martelage.sylvotheque.ch

L'utilisateur-riche a la possibilité d'obtenir une vue d'ensemble des variantes qu'il ou elle a désigné comme préférée. Plusieurs graphiques sont à disposition sous l'onglet « Comparaison des variantes favorites ».

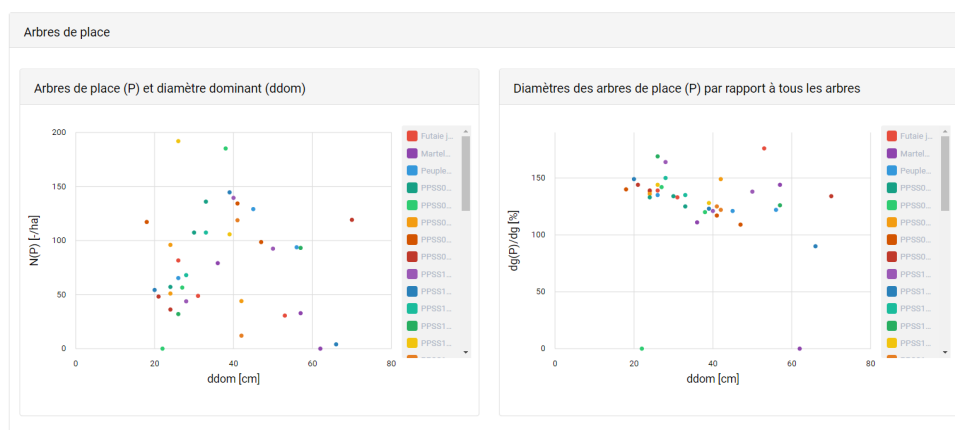
Les deux premiers graphiques donnent une vue d'ensemble des surfaces pour lesquelles un martelage a été effectué dans la figure ci-après :

- celui de gauche présente les PPSS selon leur diamètre dominant (ddom) leur surface terrière par ha (G),
- celui de droite présente les PPSS selon leur ddom et leur nombre de tiges par ha (N)



Deux graphiques informent sur les arbres de place dans la figure ci-après :

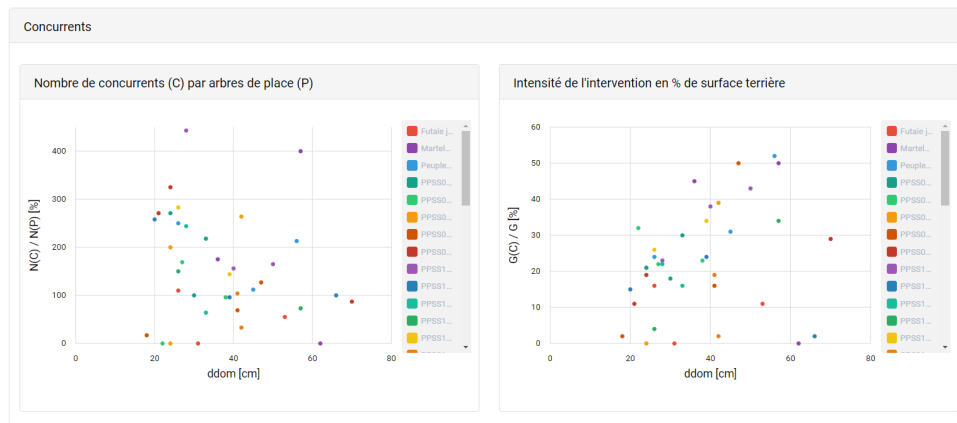
- celui de gauche sur le nombre d'arbres de place selon le diamètre dominant,
- celui de droite sur le diamètre quadratique moyen des arbres de place par rapport à celui du peuplement en fonction de ddom.



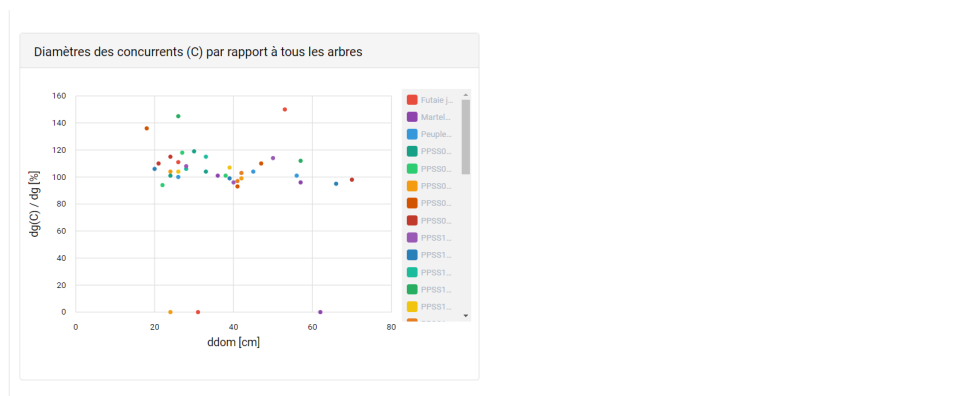
Trois graphiques informent sur les concurrents dans la figure ci-après :

- celui en haut à gauche sur le nombre moyen de concurrents par arbre de place en fonction de ddom,

- celui en haute à droite sur l'intensité de l'intervention en terme de surface terrière en fonction du ddom,
- celui en bas à gauche sur le diamètre quadratique moyen des concurrents par rapport à celui du peuplement en fonction de ddom.



Rapport du diamètre quadratique moyen (dg) des concurrents par rapport ... (facteur de Hiley, cf. p.ex. Schütz et Rosset 2016)



L'utilisateur-riche a aussi la possibilité de consulter ces graphiques en se focalisant sur une essence en particulier (cf. liste d'essences dans la figure ci-après).

