
La reconstruction des forêts de pins sylvestres entre Sion et Loèche de 1900 à nos jours



Image © Anna Chatelanat, Musée de l'Elysée, Lausanne

Travail de Master

Février 2013

Stefan Beyeler

sbeyeler@student.ethz.ch

ETH Zurich, D-USYS, Msc Gestion de la forêt et du paysage

Superviseurs :

PD Dr. Matthias Bürgi

Unité de recherche *Landschaftsdynamik*, WSL Birmensdorf

Dr. Thomas Wohlgemuth

Unité de recherche *Walddynamik*, WSL Birmensdorf

Table des matières

<i>Résumé</i>	5
1. Introduction	6
1.1 <i>Le dépérissement des pins sylvestres</i>	6
1.2 <i>But du travail</i>	7
2. Sources et méthodes	8
2.1 <i>Le périmètre de recherche</i>	8
2.2 <i>Plans d'aménagement forestier</i>	9
2.2.1 <i>Introduction à la recherche de plans d'aménagement forestier</i>	9
2.2.2 <i>Lieux de recherche de plans d'aménagement forestier</i>	10
2.2.3 <i>Plans d'aménagement forestier retrouvés</i>	12
2.3 <i>Sources des images</i>	13
2.3.1 <i>Introduction à la recherche des images</i>	13
2.3.2 <i>Les différentes sources pour la recherche d'images</i>	14
2.4 <i>Méthodes</i>	21
2.4.1 <i>Analyse des données des plans d'aménagement forestier</i>	21
2.4.2 <i>Analyse de l'aspect visuel de la densité des peuplements</i>	22
2.4.3 <i>Analyse de l'évolution des peuplements de pins sylvestres</i>	26
3. Résultats	27
3.1 <i>Analyse de l'aspect visuel de la densité des peuplements</i>	27
3.1.1 <i>Exemple de sélection d'images</i>	27
3.1.2 <i>Incohérences entre les images et les données</i>	28
3.1.3 <i>Exemples de contradictions dans les corrélations</i>	29
3.1.4 <i>Sélection de données plus récentes</i>	34
3.1.5 <i>Extrapolation impossible</i>	34
3.2 <i>Comparaison des plans d'aménagement forestier</i>	35
3.2.1 <i>Analyse des pins sylvestres et des autres essences</i>	35
3.2.2 <i>Analyse des volumes et de la capacité de production</i>	36

<i>3.2.3 Evolution des forêts de pins sylvestres</i>	<i>37</i>
<i>3.2.4 Influence de l'homme sur l'évolution des forêts de pins sylvestres</i>	<i>38</i>
<i>3.2.5 Représentation de l'évolution sur une carte géographique</i>	<i>39</i>
<i>3.2.6 Représentativité des analyses</i>	<i>40</i>
<i>3.2.7 Récapitulation des résultats</i>	<i>41</i>
<i>4. Discussion</i>	<i>42</i>
<i>4.1 L'analyse de l'aspect visuel de densité des images</i>	<i>42</i>
<i>4.2 La comparaison des données des plans forestiers</i>	<i>43</i>
<i>4.2.1 L'évolution des proportions de pins sylvestres</i>	<i>43</i>
<i>4.2.2 L'influence de l'utilisation des forêts par l'homme</i>	<i>43</i>
<i>4.2.3 L'utilisation des forêts par l'homme et son dépérissement</i>	<i>44</i>
<i>4.2.4 Conclusion quant à l'influence de la densité des pins sylvestres</i>	<i>44</i>
<i>4.3 Critique des sources</i>	<i>45</i>
<i>4.3.1 Les plans d'aménagement forestier analysés</i>	<i>45</i>
<i>4.3.2 Les images analysées</i>	<i>47</i>
<i>4.4 Critique des méthodes</i>	<i>48</i>
<i>4.4.1 L'analyse de l'aspect visuel de densité des images</i>	<i>48</i>
<i>4.4.2 La comparaison des données des plans d'aménagement forestier</i>	<i>50</i>
<i>5. Conclusion</i>	<i>52</i>
<i>6. Références</i>	<i>53</i>
<i>7. Remerciements</i>	<i>55</i>
<i>Annexes</i>	<i>56</i>
<i>A Liste des plans d'aménagements forestiers (triés par communes)</i>	<i>56</i>
<i>B Liste des images sélectionnées (triées par source)</i>	<i>59</i>
<i>C Liste du matériel contenu sur le CD en pièce jointe</i>	<i>63</i>

Illustrations

Image de couverture: Chapeau de Vex, 1908 © Anna Chatelanat, Musée de l'Elysée, Lausanne

Figure 1. Anomalies des précipitations à Sion entre 1865 et 2010 (* = 60 jours avec moins de 10 mm de précipitations) par Thomas Wohlgemuth (non publié).....	6
Figure 2. Aperçu de la première partie (en jaune et violet) et de la deuxième partie du travail (en vert).....	7
Figure 3. Périmètre de recherche entre Sion et Loèche avec les communes (en gris foncé) contenant une majorité de forêts de pins sylvestres (en jaune) sélectionnées parmi les différents types de forêts (en vert).....	8
Figure 4. Images trouvées dans la Médiathèque Valaisanne.....	15
Figure 5. Images trouvées dans l'archive d'image de l'EPFZ « E-pics ».....	16
Figure 6. Images trouvées sur le site Internet Ebay.....	17
Figure 7. Images trouvées sur le site Internet Delcampe.....	18
Figure 8. Images trouvées dans la bibliothèque nationale suisse.....	19
Figure 9. Images trouvées dans la littérature.....	20
Figure 10. Sélection des données dans les trois groupes de données.....	22
Figure 11. Géolocalisation sur les images des parcelles de pins sylvestres auparavant sélectionnées.....	23
Figure 12. Traitement des images issues du programme WSL Monoplotting Tool à titre d'exemple.....	24
Figure 13. Exemple simplifié d'exportation des données de l'analyse des couleurs faites dans le programme « ImageJ » vers « Excel » de Microsoft Office.....	25
Figure 14. Superposition des données des trois groupes puis sélection des forêts de pins sylvestres.....	26
Figure 15. Exemple d'image adéquate : « Sierre vers 1939 » www.delcampe.com	27
Figure 16. Exemple d'image inadéquate : « Leuk 1970 » www.delcampe.com	28
Figure 17. Incohérences pour des volumes homogènes de peuplements de pins sylvestres.....	29
Figure 18. Incohérences pour des volumes hétérogènes de peuplements de pins sylvestres.....	30
Figure 19. Répartitions de couleurs similaires pour des caractéristiques de peuplements forestiers différents.....	31
Figure 20. Exemple de l'effet de la neige sur les répartitions des couleurs.....	32
Figure 21. Exemple de répartitions de couleurs ne suivant aucune logique et donc sans corrélation.....	33
Figure 22. Aperçu des données des proportions des pins sylvestres (box plot à gauche) et évolution des proportions de pins sylvestres et des autres essences (histogramme à droite).....	35
Figure 23. Aperçu des données du matériel sur pied (box plot à gauche) et évolution du matériel sur pied et de la capacité de production (histogramme à droite).....	36
Figure 24. Evolution des forêts de pins sylvestres « avant 1900 », « vers 1940 » et « après 1970 ».....	37
Figure 25. Influence de l'utilisation traditionnelle des forêts de pins sylvestres sur leur composition.....	38
Figure 26. Carte de situation géographique de l'évolution des forêts de pins sylvestres dans le temps (1900-1970).....	39
Figure 27. Développement des forêts de pins sylvestres restantes ou disparues jusque dans les années 90.....	40
Figure 28. Comparaison entre les mesures estimées par les programmes informatiques « Monsu » et « Smart Forest » à droite et les estimations données par un groupe d'expert à gauche (True values).....	42
Figure 29. Baisse (en %) observé dans les proportions de pins sylvestres dans les forêts situées en dessous de 1200 m en Valais entre 1930 et 1994 dans la thèse d'Urs Gimmi (2006).....	43

Tables

<i>Tableau 1. Liste des communes du périmètre de recherche situées en amont de la commune de Sion et en aval de la commune de Loèche contenant une majorité de forêts de pins sylvestres</i>	<i>9</i>
<i>Tableau 2. Table des plans d'aménagement forestier consultés en gris et en blanc les plans d'aménagement forestier dont on trouve une mention dans la littérature mais qui n'ont pu être retrouvés (une liste contenant les lieux d'archivage de ces plans d'aménagement forestier se trouve dans l'annexe).....</i>	<i>12</i>
<i>Tableau 3. Liste des sources correspondantes aux critères de sélection et utilisées pour la recherche d'images</i>	<i>13</i>
<i>Tableau 4. Sélection des 9 images les plus récentes pour la vérification des analyses effectuées avec les données les plus précises des plans d'aménagement forestier</i>	<i>34</i>

Résumé

Récemment, les scientifiques ont démontré que le dépérissement des forêts de pins sylvestres en Valais central serait dû au réchauffement climatique. Etonnamment, les anomalies des précipitations étaient bien plus nombreuses vers 1900 par rapport à aujourd'hui. La densité de ces forêts aurait-elle été plus faible par le passé, leur permettant par conséquent de survivre grâce à moins d'évapotranspiration? Cette densité inférieure est-elle la conséquence de l'influence de l'homme par son utilisation traditionnelle de la forêt?

Le premier but de ce travail est de trouver des corrélations entre d'anciennes images de peuplement de pins sylvestres, représentant l'aspect visuel de leur densité, et les données issues d'anciens plans d'aménagement forestier afin de pouvoir extrapoler ces relations vers d'autres images pour lesquelles aucune information n'a été trouvée dans les plans. Le deuxième but est d'analyser les données des plans afin d'expliquer l'évolution de ces peuplements de pins sylvestres dans le temps.

Aucune corrélation pour démontrer l'influence de la densité des forêts de pins sylvestres sur sa composition ou ses autres caractéristiques n'a été trouvée. Par conséquent, il est également impossible d'évaluer l'influence de l'homme sur la densité de ce type de peuplement. Cependant, une légère baisse des proportions de pins sylvestres et une hausse du matériel sur pieds pour ces forêts ont été observées. Enfin, seul 60% des peuplements de pins sylvestres ont survécu au temps notamment grâce à la combinaison de l'utilisation de la litière et du parcours du bétail.

1. Introduction

1.1 Le dépérissement des pins sylvestres

Dans le canton du Valais, 11% des forêts représentant une superficie de 12'000 ha sont dominées par le pin sylvestre (*Pinus sylvestris*). Les limites de ces forêts particulièrement sèches s'étendent du fond de la vallée, situé environ à 450 m, jusqu'à une altitude de 600 m.

Un important dépérissement des forêts de pins sylvestres a été observé depuis le début du 20^{ème} siècle déjà. Après avoir traversé plusieurs périodes plus ou moins fortes, le taux de mortalité a atteint des valeurs maximales au début des années 1990. De nos jours, si aucune autre essence ne succédait aux pins sylvestres, les endroits sans forêt ne pourraient plus remplir leurs différentes fonctions, dont l'importante fonction de protection dans cette région. Les scientifiques pensent que cette mortalité élevée est due à une multitude de facteurs qui, combinés ensemble, mène à la disparition des forêts de pins sylvestres. L'un de ces facteurs le plus important est l'augmentation prononcée de la sécheresse, qui a pour conséquence une plus forte évapotranspiration (Rigling et al., 2006).

Cependant, les précipitations dans le Valais central des 150 années passées nous montrent qu'il y avait plus d'anomalies autour des années 1890 qu'aujourd'hui. Or, de façon paradoxale, il n'y a aucune mention du dépérissement des forêts de pins sylvestres dans le Valais à la fin du 19^{ème} siècle dans la littérature.

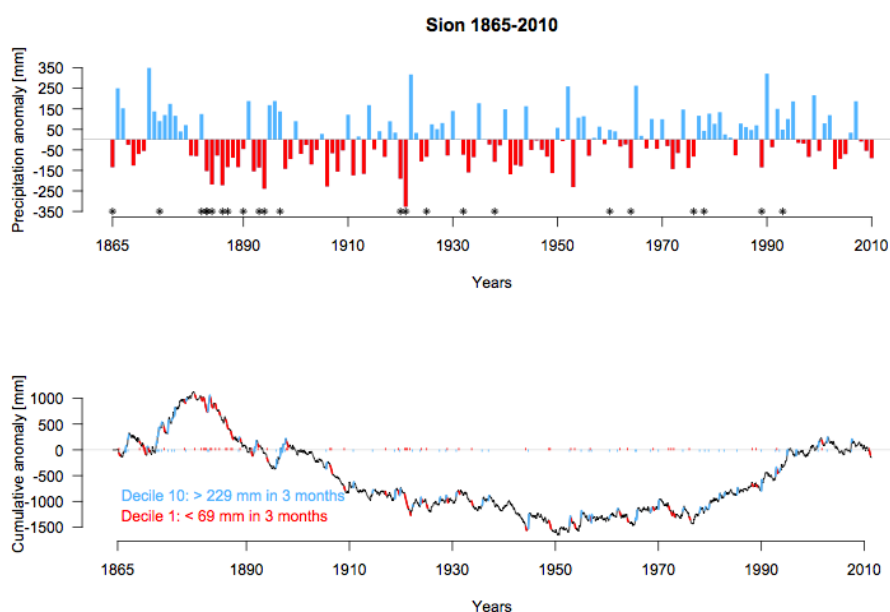


Figure 1. Anomalies des précipitations à Sion entre 1865 et 2010 (* = 60 jours avec moins de 10 mm de précipitations) par Thomas Wohlgemuth (non publié)

L'absence du dépérissement des forêts de pins sylvestres malgré des précipitations très faibles vers 1980 est probablement dûe au fait que ces forêts étaient moins denses à l'époque. En effet, la faible densité des peuplements, et par conséquent leur faible évapotranspiration, leur aurait quand même permis de survivre avec le peu d'eau qu'il y avait. La densité d'une forêt est un élément qui peut être mesuré non seulement de manière scientifique (Reineke, 1933) mais qui peut aussi être évalué de manière visuelle. Il serait donc tout à fait imaginable d'observer la densité visuelle d'un peuplement forestier à l'aide de l'analyse d'image photographique de l'époque, par exemple.

1.2 But du travail

Dans la première partie du travail, le but est d'étudier l'aspect visuel de la densité des peuplements de pins sylvestres en recherchant une corrélation entre les données des plans d'aménagement forestier et les images datant de la même époque et de pouvoir étendre cette corrélation à des images pour lesquelles il n'existe pas de données. Dans la deuxième partie du travail, une analyse des données contenues dans les plans d'aménagement forestier datant de différentes époques permettra d'évaluer l'évolution des forêts de pins sylvestres et d'identifier les différents paramètres influençant leur conservation ou non à travers le temps.

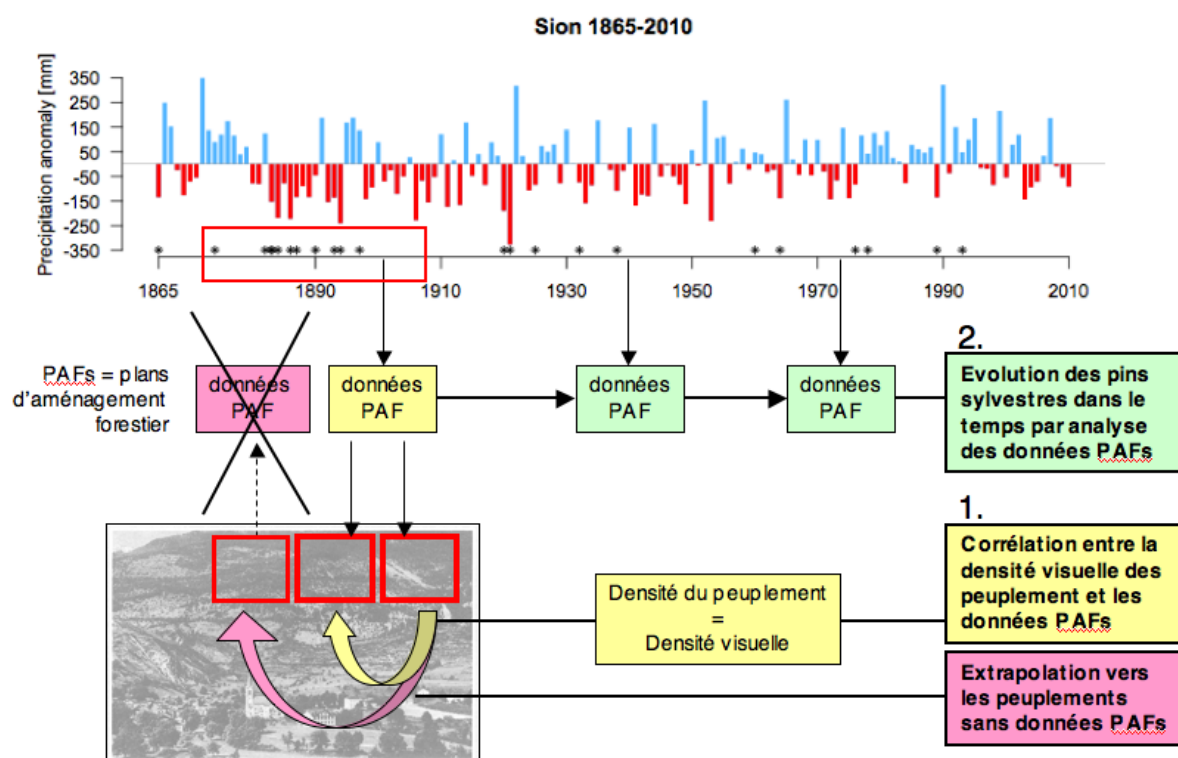


Figure 2. Aperçu de la première partie (en jaune et violet) et de la deuxième partie du travail (en vert).

2. Sources et méthodes

2.1 Le périmètre de recherche

La première étape fut la délimitation du périmètre de recherche et ceci en procédant de la manière la plus méthodique possible. Afin d'avoir le plus de chance possible d'observer les effets de la sécheresse, le périmètre de recherche de ce travail a été limité au Valais central, car c'est la partie la plus sèche du Valais avec des précipitations se situant entre 500 et 1000mm (Rigling et al., 2006). Pour cela, il a été décidé de sélectionner sur une carte des communes du Valais uniquement les communes situées en amont de la commune de Sion et en aval de Loèche. Puis, toutes les forêts où les pins sylvestres sont dominants d'après la carte des végétations forestières du Valais créée par Werlen (1994) ont été situées sur la carte des communes sélectionnées préalablement. Enfin, seules les communes sur lesquelles se trouvent une majorité de forêts dominées par des pins sylvestres ont été choisies pour former le périmètre de recherche, qui est symbolisé en rouge dans la Figure 3.

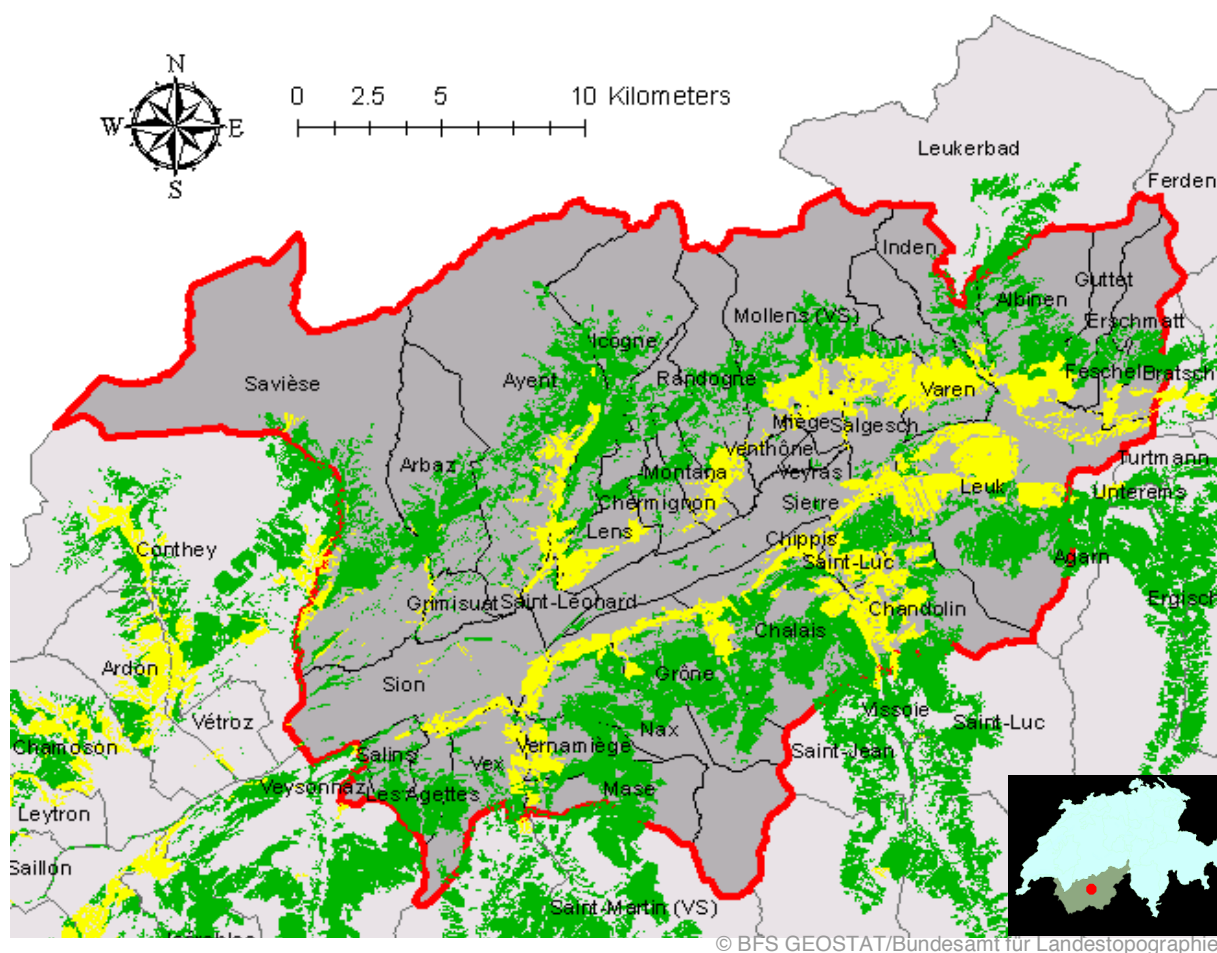


Figure 3. Périmètre de recherche entre Sion et Loèche avec les communes (en gris foncé) contenant une majorité de forêts de pins sylvestres (en jaune) sélectionnées parmi les différents types de forêts (en vert)

Au final, une liste contenant le nom des communes du périmètre de recherche a été dressée afin de faciliter la recherche des plans d'aménagement forestier et des images. De plus, les noms des anciennes communes ayant fusionné avec le temps y ont également été ajoutés afin d'assurer une recherche la plus complète possible.

Tableau 1. Liste des communes du périmètre de recherche situées en amont de la commune de Sion et en aval de la commune de Loèche contenant une majorité de forêts de pins sylvestres

Albinen	Granges	Miège	St-Léonard
Arbaz	Grimisuat	Mollens	St-Luc (consortage de Niouc)
Ayent	Grône	Montana	Varen
Bramois	Guttet	Nax	Venthône
Chalais	Icogne	Randogne	Vernamiège
Chandolin	Inden	Salgesch	Vex
Chermignon	Lens	Salins	Veyras
Chippis	Les Agettes	Savièse	Veysonnaz
Eschmatt	Leuk	Sierre	
Feschel	Mase	Sion	

2.2 Plans d'aménagement forestier

2.2.1 Introduction à la recherche de plans d'aménagement forestier

Le but du travail étant de mettre en relation des données tirées des plans d'aménagement forestier avec des images, une importante recherche a été effectuée afin d'obtenir le plus grand nombre possible de plans d'aménagement forestier possible, qu'ils soient anciens ou récents, pour le périmètre de recherche défini pour ce travail.

La recherche dans la littérature a démontré que des listes regroupant d'anciens plans d'aménagement forestier du Valais avaient déjà été établies auparavant comme dans Kempf et al. (1982, 1985). Les plans cités dans ces différentes listes et faisant partie du périmètre de recherche ont été repris et ont permis de cibler la recherche des plans restants, bien que la littérature ne renseigne que très vaguement sur le lieu d'archivage des plans.

La recherche a été effectuée de la manière la plus logique et la plus complète possible. En effet, les plans d'aménagement ont été recherchés dans toutes les ressources listées ci-dessous en utilisant la liste des noms des communes du périmètre de recherche créée à la fin du chapitre 2.1 ainsi que les listes des plans d'aménagement forestiers trouvées dans la littérature. Tous les plans d'aménagement forestier qui ont été consultés ont été reportés dans

la table à la fin du chapitre 2.2.3 et dans l'annexe afin de regrouper l'ensemble des plans et d'informer sur le lieu d'archivage de ces plans.

2.2.2 Lieux de recherche de plans d'aménagement forestier

- WSL à Birmensdorf

Pour débiter les recherches, les copies des plans d'aménagement forestier nécessaires à la thèse de Doctorat d'Urs Gimmi (2006) ont été consultées au WSL à Birmensdorf. Ces copies concernent principalement d'anciens plans d'aménagement forestier dans le haut Valais (à quelques exceptions près) et sont pour la plupart des versions complètes. De plus, une grande partie des données de ces plans a déjà été numérisée sur ArcGIS® .

- Archives de l'Etat du Valais

Le service des Archives cantonales contient tous les documents d'archive de l'Etat du Valais et produits par l'Administration cantonale, ainsi que ceux qui touchent à l'histoire du Valais ou à la société Valaisanne. Ces documents sont classés en différents fonds : les fonds de l'Etat du Valais, les fonds des communes, bourgeoisies et paroisses, les fonds de familles et d'associations privées ainsi que les fonds spéciaux et fonds non déposés. De plus, l'administration du service des Archives cantonales détient aussi les inventaires des archives des communes qui ne les ont pas transférés aux archives de l'Etat. Un inventaire d'une partie des fonds peut être consulté en ligne à l'adresse <http://scopequery.vs.ch>, mais les recherches doivent se faire sur place et avec l'aide du personnel des archives de l'Etat du Valais (Service des Archives cantonales, 2012)

Services proposés : le droit de reproduction est à discuter avec le personnel du service des Archives cantonales. La reproduction peut se faire à l'aide d'un appareil photographique ou d'un scanner, mais cette dernière option est un service payant.

Les recherches dans les fonds de l'Etat du Valais et les fonds des communes, des bourgeoisies et des paroisses ont permis de trouver un grand nombre d'anciens plans d'aménagement forestier des bourgeoisies et des communes.

- Centrale du service forestier du canton du Valais, arrondissements et triages forestiers des communes et bourgeoisies

La centrale du service des forêts du canton du Valais, ainsi que les arrondissements et les triages forestiers concernés par le périmètre de recherche ont été contactés afin de poursuivre les recherches. De manière générale, la plupart des plans d'aménagement forestier récents se trouvaient à la centrale du service forestier ainsi que dans les bureaux des arrondissements, mais quelques anciens plans ont aussi été retrouvés dans les triages.

- Communes et Bourgeoisie

Enfin, les communes ainsi que les bourgeoisies dont les plans n'avaient pas été encore retrouvés jusque-là et dont on trouvait une mention dans la littérature ont été contactées. Cependant, un seul plan d'aménagement forestier a été retrouvé lors de cette dernière démarche.

- Remarque concernant les bourgeoisies

Dans le périmètre de recherche, on trouve l'ancienne bourgeoisie de la Noble Contrée de Sierre qui s'est scindé en deux pour former aujourd'hui d'une part la bourgeoisie de Sierre et de l'autre la bourgeoisie de la Noble Contrée formée des bourgeoisies de Randogne, Mollens, Venthône, Miège et Veyras. Dans une même mesure, la Grande bourgeoisie qui relie aujourd'hui les communes de Lens, Chermignon, Montana et d'Icogne était autrefois la bourgeoisie de la Louable Communauté du Grand Lens qui était formée de toutes ces bourgeoisies (Crans Montana, 2012). Dans le périmètre de recherche, on trouve aussi les bourgeoisies de Sion et de St-Luc qui sont toujours indépendantes aujourd'hui (Fédération des Bourgeoisies Valaisannes, 2012).

2.2.3 Plans d'aménagement forestier retrouvés

De manière générale, on distingue quatre groupes de plans, dont trois sont issus de la thèse d'Urs Gimmi (2006). La plupart des plans d'aménagement provisoires ont été édictés vers la fin du 19^{ème} siècle, quant aux plans définitifs ainsi que leurs révisions, ils ont été édictés plus tard entre les années 30 et 50. Enfin, une série de plans d'aménagement moderne a été édictée dès le début des années 70. Ainsi ce sont quatre catégories de plans d'aménagement que l'on a trouvés : « avant 1900 (provisoire) », « vers 1940 (définitif) », « après 1940 (révision) » et « après 1970 (moderne) ».

Tableau 2. Table des plans d'aménagement forestier consultés en gris et en blanc les plans d'aménagement forestier dont on trouve une mention dans la littérature mais qui n'ont pu être retrouvés (une liste contenant les lieux d'archivage de ces plans d'aménagement forestier se trouve dans l'annexe)

Commune	Date	Commune	Date	Commune	Date
Albinen	1888	Icogne	1931-1940	Salins	1930
Albinen	1929	Icogne	1941-1950	Salins	1981-1986
Albinen	1976	Inden	1888	Savièse	1886
Arbaz	1884	Inden	1928	Savièse	1931
Arbaz	1928-1929	Inden	1941	Savièse	1959
Ayent	1886	Inden	1972	Savièse	1979
Ayent	1932	Lens	1925-1935	Sierre	1935
Bramois	1884	Les Agettes	1888	Sierre	1987
Bramois	1935	Les Agettes	1928	Sierre	1875-1907
Bratsch	1902	Les Agettes	1956	Sierre	1884-1888
Bratsch	1932	Les Isérables	1895	Sierre, Contrée	1930
Bratsch	1942	Leuk	1888	Sierre, Contrée	1979
Bratsch	1987	Leuk	1936	Sierre, Contrée	1891-1892
Chalais	1932	Leuk	1975	Sion	1884
Chalais	1876-1906	Leuk	1985	Sion	1928
Chandolin	1959	Leuk	1981, 1982	Sion	1955
Chandolin	1992	Mase	1883-1915	St-Léonard	1930
Chermignon	1931-1940	Mase	1928-1964	St-Luc (Niouc)	1933
Chippis	1885	Miège	1930	St-Luc (Niouc)	1971
Eschmatt	1902	Miège	1891-1892	St-Luc (Niouc)	1902-1971
Eschmatt	1923	Mollens	1891-1892	Trois Sections	1925-1956
Eschmatt	1943	Mollens	1930-1939	Varen	1888
Eschmatt	1987	Mollens	1941-1942	Varen	1931
Feschel	1889	Montana	1927-1937	Varen	1942
Feschel	1929	Nax	1983	Varen	1973
Feschel	1942	Nax	1883-1915	Venthône	1930
Feschel	1974	Nax	1928-1929	Venthône	1882-1906
Granges	?	Randogne	1930	Venthône	1891-1892
Grimisuat	privé	Randogne	1961	Vernamiège	1965
Grône	1938	Randogne	1882-1906	Vex	1886
Grône	1876-1906	Randogne	1891-1892	Vex	1941
Guttet	1889	Salgesch	1888	Veyras	1891-1892
Guttet	1929	Salgesch	1932	Veyras	1929-1939
Guttet	1941	Salgesch	1982	Veyraz	1882-1906
Guttet	1974	Salgesch	1972, 1973	Veysonnaz	1934
Icogne	1981	Salins	1888		

2.3 Sources des images

2.3.1 Introduction à la recherche des images

Tout d'abord, il devait être possible de pouvoir accéder au catalogue des images en ligne en utilisant des mots clés via un moteur de recherche. Les images devaient également pouvoir être triées dans l'ordre chronologique ou limité dans le temps. De plus, les ressources contenant un grand nombre d'images et proposant un service de commande de formats numérisés ou analogiques ont été privilégiées. Enfin, la plupart des recherches ont été effectuées auprès de services publics ou universitaires afin de limiter les frais.

Tableau 3. Liste des sources correspondantes aux critères de sélection et utilisées pour la recherche d'images

Nom de la source	Description	Contact
Médiathèque Valaisanne	Recherche, commande et réception en ligne (formats numérisés)	http://www.mediatheque.ch/
Archive d'images de l'EPFZ « E-pics »	Recherche, commande et réception en ligne (formats numérisés)	http://ba.e-pics.ethz.ch/
Archive d'images des CFF	Recherche, commande et réception en ligne ou postale (formats numérisés)	http://www.sbbhistoric.ch
Collection de cartes postales anciennes « Ebay »	Recherche et commande en ligne, réception postale (formats analogiques)	http://www.ebay.ch/sch/Ansichtskarten
Collection de cartes postales anciennes « Ricardo »	Recherche et commande en ligne, réception postale (formats analogiques)	http://www.fr.ricardo.ch/acheter/collections-et-raretes/cartes-postales-suisse/l/cn49471/
Collection de cartes postales anciennes « Delcampe »	Recherche et commande en ligne, réception postale (formats analogiques)	http://www.delcampe.net
Collection de cartes postales anciennes valaisannes	Recherche et commande en ligne, réception postale (formats analogiques)	http://www.ansichtskarten-wallis.ch/
Bibliothèque nationale suisse	Recherche et commande sur place, réception en ligne, postale ou sur place (format numérisé et/ou analogique)	http://www.nb.admin.ch
Fond de photographies du WSL	Services restreints et réservé en principe au personnel du WSL	http://www.wsl.ch
Divers livres d'images	Différents types de livres regroupant d'anciennes collections d'images	(Meichtry, 2002)

Afin de procéder de manière semblable et logique dans la recherche d'images dans chaque ressource disponible, un procédé méthodique de recherche a été appliqué dans la mesure du possible. Dans un premier temps, toutes les recherches ont été menées en utilisant le nom de chaque commune de la liste établie plus haut pour le périmètre de recherche. Puis, le résultat des recherches a chaque fois été limité à l'année 1950 afin d'éliminer les images trop récentes. Ainsi, les images de toutes les communes du périmètre de recherche et seulement datant d'avant 1950 ont été prises en considération dans cette première étape.

Pour l'analyse de l'aspect visuel de la densité, les images devaient contenir un maximum de forêts dans l'arrière-plan et être en noir et blanc uniquement. De plus, le flanc de la montagne devait être le plus perpendiculaire possible par rapport à l'angle de la prise de vue. Ensuite, les images devaient contenir des éléments comme les bâtiments, les routes et éventuellement les éléments naturels afin de faciliter la géolocalisation. Pour finir, les images devaient être de bonne qualité, c'est-à-dire être de haute résolution si possible. Un exemple d'image adéquate et un contre-exemple sont présentés dans la partie des résultats.

2.3.2 Les différentes sources pour la recherche d'images

- Médiathèque Valaisanne

Généralité : La médiathèque valaisanne possède de nombreuses collections, dont notamment les collections des imprimés et des audiovisuels valaisans, ainsi que des archives littéraires et musicales valaisannes. Le service est réparti en cinq sites différents, mais le centre audiovisuel est situé à Martigny (Médiathèque Valais, 2012).

Spécificité: La collection audiovisuelle contient différents types de d'archives d'images comme des photographies, des cartes postales, des négatifs sur plaques de verre et des diapositives. De plus, cette collection contient également différents types de films et de sons. Une partie de ces collections audiovisuelles est en ligne et peut être explorée grâce à un moteur de recherche à l'adresse suivante : <http://archives.memovs.ch>. Les recherches peuvent se faire par mot clé et il est également possible de consulter les documents par date.

Services proposés: recherche, commande et réception en ligne de formats numérisés (aucuns frais en échange d'une copie du travail et l'insertion des copyrights sous les photographies)



Vue-depuis-Nax.-1945b, © Joseph Couchepin, Médiathèque Valais - Martigny



Vue-depuis-Nax.-1945a, © Joseph Couchepin, Médiathèque Valais - Martigny



Installation-sur-la-rive-droite-de-l'usine-d'aluminium-de-Chippis.-1929, © Oscar Darbellay, Médiathèque Valais - Martigny



Camp-D.C.A.-Savèze.-5-avril-1954, © Raymond Schmid, Médiathèque Valais - Martigny



Centrale-électrique-de-Sion-Chandoline.-1935, © Raymond Schmid, Bourgeoisie de Sion, Médiathèque Valais - Martigny



Chippis.-vers-1950-1960, © Treize Etoiles, Union valaisanne du tourisme, Médiathèque Valais - Martigny



Siere vers 1950-1970, © Treize Etoiles, Médiathèque Valais - Martigny



Siere-et-alentours.-vus-de-Montana.-Ca-1920c, © Hyppolite Chappuis, Médiathèque Valais - Martigny



Siere-et-alentours.-vus-de-Montana.-Ca-1920b, © Hyppolite Chappuis, Médiathèque Valais - Martigny



Siere-et-alentours.-vus-de-Montana.-Ca-1920a, © Hyppolite Chappuis, Médiathèque Valais - Martigny

Figure 4. Images trouvées dans la Médiathèque Valaisanne

- Archive d'image de l'EPFZ « E-pics »

Généralité : La bibliothèque de l'EPFZ propose différents types d'archive d'images, comme l'archive des photographies historiques de l'EPFZ, l'archive de l'agence Comet Photo AG, l'archive d'images aériennes « Luftbild Schweiz » ainsi que les archives d'images d'anciens professeurs et de différents instituts de l'EPFZ. De toutes ces archives, une partie a été numérisée et mise en ligne grâce à un service de recherche appelé E-pics (Wissensportal ETH-Bibliothek, 2012).

Spécificité: Les recherches ont été effectuées dans toutes les archives d'images disponibles puis spécifiquement dans les archives d'images aériennes « Luftbild Schweiz » en partie numérisée via le moteur de recherche disponible sur E-pics via l'adresse suivante : <https://www.e-pics.ethz.ch>. Les recherches peuvent se faire par mot clé, par date, par archive et bien plus encore. Une recherche sur place et plus approfondie a ensuite été effectuée dans les archives d'images aériennes « Luftbild Schweiz » qui n'avaient pas encore été numérisées.

Services proposés : recherche, commande et réception en ligne ou postale de formats numérisés ou analogiques (frais de reproduction à la pièce, copie du travail en cas de publication et insertion des copyrights sous les photographies)



Sierre, Vue générale et le Rothorn, © ETH-Bibliothek Zürich, Bildarchiv



Sierre et Chippis, 1934, © ETH-Bibliothek Zürich, Bildarchiv



Sierre, Vue générale et le Rothorn, © ETH-Bibliothek Zürich, Bildarchiv



Leuk 1922, © ETH-Bibliothek Zürich, Bildarchiv

Figure 5. Images trouvées dans l'archive d'image de l'EPFZ « E-pics »

- **Archive d'images des chemins de fer fédéraux (CFF)**

Généralité : la fondation « Stiftung Historisches Erbe der SBB » a été créée en 2001 afin de recueillir, conserver, documenter et archiver l'historique des chemins de fer fédéraux. Le site Internet répertorie différents objets sauvegardés comme des locomotives, des affiches, des automates à musiques, des lanternes et des rails. De plus, la fondation possède également une bibliothèque, une archive ainsi qu'une collection de photographies historiques (Stiftung Historisches Erbe der SBB, 2012).

Spécificité : La collection de photographies historiques contient environ 350'000 photographies et diapositives dont plus de 50'000 peuvent être accessibles en ligne via le moteur de recherche à l'adresse suivante : <http://www.sbbarchiv.ch>. Les recherches peuvent se faire par mot clé, par date, par archive et bien plus encore.

Services proposés : recherche, commande et réception en ligne ou postale (formats numérisés)
Aucune image adéquate n'a été trouvée dans cette source.

- **Collection de cartes postales anciennes sur le site Internet « Ebay »**

Généralité : le site Internet Ebay permet à toute personne ayant un compte de vendre et d'acheter des objets soumis à des enchères en ligne à une échelle internationale. Pour le moment, seule une version allemande est disponible pour la Suisse (Ebay, 2012).

Spécificité : une catégorie contenant des cartes postales anciennes se trouve dans la catégorie des objets rares et de collection. Les objets sont regroupés par continents, pays et cantons, mais il est aussi possible d'utiliser le moteur de recherche en ligne effectuer des recherches par mot clé à l'adresse suivante : <http://www.ebay.ch/sch/Ansichtskarten>.

Service proposé: le service dépend du vendeur, car les cartes postales achetées sont ensuite envoyées par les privés par courrier postal à domicile de l'acheteur.



Figure 6. Images trouvées sur le site Internet Ebay

- **Collection de cartes postales anciennes sur le site Internet « Ricardo »**

Généralité : le site Internet Ricardo est semblable au site Internet Ebay, mais contient également une version française pour la Suisse.

Spécificité : la structure du site est la même que celle du site Internet Ebay et permet de faire des recherches par pays, puis par canton, ainsi que d'utiliser également des mots clés à l'adresse suivante : <http://www.fr.ricardo.ch/acheter/collections-et-raretes/cartes-postales-suisse/l/cn49471/>

Service proposé : idem que pour le site Internet « Ebay »

Aucune image adéquate n'a été trouvée dans cette source.

- **Collection de cartes postales anciennes sur le site Internet « Delcampe »**

Généralité : le site Internet « Delcampe » est dédié à la vente et à l'achat d'objets rare et de collections par des privés à l'échelle internationale. Parmi tous les objets se trouve notamment de nombreuses collections de cartes postales anciennes (Delcampe, 2012).

Spécificité : les cartes postales anciennes sont classées par continent, pays et cantons, mais il est également possible d'utiliser des mots clés avec le moteur de recherche à la page suivante : <http://www.delcampe.net>.

Service proposé : idem que pour le site Internet « Ebay »

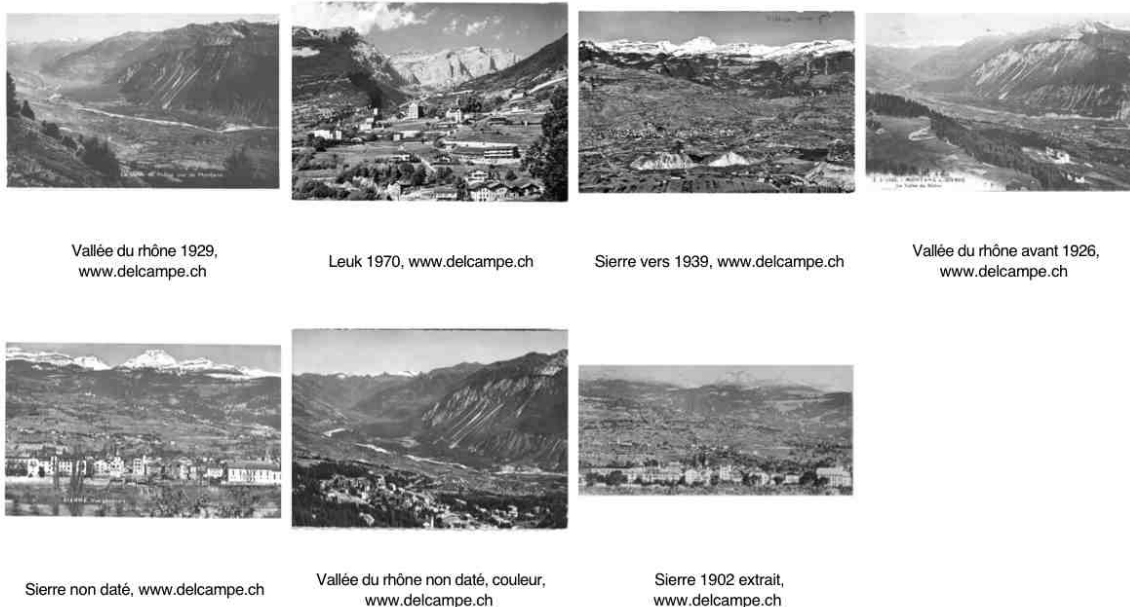


Figure 7. Images trouvées sur le site Internet Delcampe

- **Bibliothèque nationale suisse**

Généralité : La bibliothèque nationale suisse regroupe des millions de documents touchant à la Suisse qui sont classés dans différentes catégories, dont une collection photographique historique et une collection de cartes postales anciennes (Bibliothèque nationale suisse, 2012).

Spécificité : La collection d'images photographiques ainsi que la collection de cartes postales sont classées dans l'ordre alphabétique des noms de lieu par canton dans des cartons. Les consultations sont possibles uniquement sur rendez-vous et sur place à Berne.

Services proposés : recherche, commande et réception sur place de formats numérisés et analogiques.



Figure 8. Images trouvées dans la bibliothèque nationale suisse

- **Fond d'image à l'institut fédéral de recherches WSL à Birmensdorf**

Généralité : Le WSL possède un fond de photographies à Birmensdorf classés suivant leurs origines en cinq différents groupes, comme suit : Eidgenössische Anstalt für das forstliche Versuchswesen (EAFV), Nägeli, Fankhauser, Surber et Knuchel.

Spécificité : Seul une version analogique d'un catalogue contenant les descriptions sommaires des photographies du fond existe, ce qui rend les recherches difficiles. De plus, les photographies doivent être recherchées les unes après les autres dans le fond, qui possède cinq différents types de classements correspondant aux cinq différents groupes cités plus haut.

Services proposés : service en principe restreint et limités au personnel du WSL

Aucune image adéquate n'a été trouvée dans cette source.

- **Divers livres contenant des collections d'images**

Généralité : Recherche de différents types de livres regroupant d'anciennes collections d'images pouvant contenir des arrières plans avec des forêts.

Spécificité : Livre d'anciennes photographies aériennes de la Suisse (par avion ou par ballon), collection d'anciennes photographies (souvenirs), livre sur le bois de Finges, etc....



Leuk 1915, © Meichtry W. 2002, Rotten Verlag - Visp



Susten in den 1930er Jahren, © Meichtry W. 2002, Rotten Verlag - Visp



Leuk 1946, © Meichtry W. 2002, Rotten Verlag - Visp



Leuk in den 1950er Jahren, © Meichtry W. 2002, Rotten Verlag - Visp



Susten 1941, © Meichtry W. 2002, Rotten Verlag - Visp



Susten 1949, © Meichtry W. 2002, Rotten Verlag - Visp



Susten 1962, © Meichtry W. 2002, Rotten Verlag - Visp



Varen beginn 20. Jahrhundert, © Meichtry W. 2002, Rotten Verlag - Visp



Salgesch im späten 19. Jahrhundert, © Meichtry W. 2002, Rotten Verlag - Visp



Salgesch anfangs 1900, © Meichtry W. 2002, Rotten Verlag - Visp



Susten im späten 19-Jahrhundert, © Meichtry W. 2002, Rotten Verlag - Visp

Figure 9. Images trouvées dans la littérature

2.4 Méthodes

2.4.1 Analyse des données des plans d'aménagement forestier

- Sélection des données

Pour ce travail, une sélection des données a été nécessaire afin de limiter le travail lié plus tard à la numérisation des données. Ainsi, seules les informations des peuplements de pins sylvestres dont la proportion dépassait au moins 10% ont été numérisées.

- Numérisation des données des plans d'aménagement forestier

Les données des plans d'aménagement trouvés ont été numérisés sur ArcGIS®, un système d'information géographique développé par Esri. Chaque surface de forêt a été numérisée sur une carte afin de pouvoir la situer géographiquement, puis les informations concernant le peuplement forestier lui-même ont été ajoutées dans la colonne des attributs. Les classes des données saisies sont les mêmes que celles qui ont été numérisées par Urs Gimmi pour sa thèse de Doctorat (2003-2006). Ainsi les données sont structurées de façon identique et homogène afin de pouvoir effectuer des analyses.

- Regroupement des données en catégories relatives au temps

Les données numérisées ont été regroupées en 4 différentes catégories pour simplifier la comparaison des informations en suivant l'exemple de la thèse de Doctorat d'Urs Gimmi (2003-2006). Ainsi, on obtient les groupes suivants : avant 1900, vers 1940, après 1940, après 1970. A noter que le groupe « après 1940 » a seulement été utilisé pour la géolocalisation des peuplements de pins sylvestres sur les images (première partie du travail) et non dans la comparaison des données pour l'analyse de l'évolution des forêts de pins sylvestres (deuxième partie du travail). En effet, le groupe de donnée « après 1940 » contenait seulement quelques révisions des plans d'aménagement forestier du groupe « vers 1940 » et aurait eu l'effet d'un goulet, en plus de représenter à peu près le même repère dans le temps.

2.4.2 Analyse de l'aspect visuel de la densité des peuplements

- Sélections pour la comparaison des images contenant des forêts de pins sylvestres

Pour la comparaison des images contenant des forêts de pins sylvestres, une sélection a été faite dans les groupes de plans d'aménagements suivants : avant 1900, vers 1940 et après 1940. En effet, seules les parcelles contenant des proportions de pins sylvestres supérieures à 50% et une capacité de production supérieure à 75% ont été choisies pour l'analyse de l'aspect visuel de la densité de ces forêts. Ce choix est arbitraire, mais nécessaire, car il était impératif de définir d'une certaine façon ce qu'est une forêt de pins sylvestres pour ce travail et c'est pourquoi une proportion supérieure à 50% a été choisie. De plus, limiter la capacité de production à 75% a permis d'éliminer les forêts trop clairsemées.

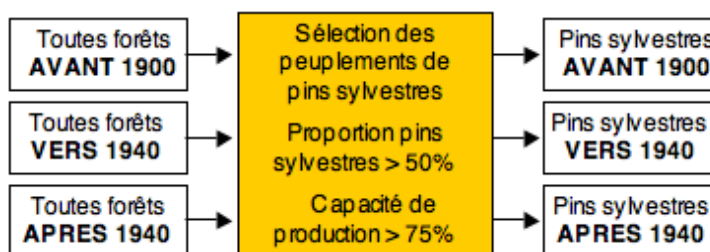


Figure 10. Sélection des données dans les trois groupes de données

- Géolocalisation des peuplements sur les images avec le WSL Monoplotting Tool

Ce programme a été développé à l'institut de recherche pour la forêt, la neige et le paysage (WSL) à la station de Bellinzona par Claudio Bozzini, Patrik Krebs et Marco Conedera. Développé depuis 2010 et donc très récent, le programme « WSL Monoplotting Tool » permet, en résumé, d'analyser les photographies de paysages en plaçant des points de contrôle référencés sur la photographie et également sur une carte topographique. Après un rapide calcul de la position de la caméra à l'origine de l'image, la photographie de paysage ainsi référencée peut être utilisée pour l'analyse de certains éléments du paysage, comme les forêts de pins sylvestres dans cette étude. De plus, de nombreuses photographies contenant divers aspects paysagers et prises à différentes époques peuvent servir à l'analyse du changement du paysage à travers le temps (Bozzini et al., unpublished).

Le but du programme est donc de calculer la position exacte de la caméra lors de prise de vue, étape qui est appelée « calibration ». Pour cela, il est nécessaire de disposer de la

photographie que l'on aimerait étudier, d'un modèle d'élévation numérique (DHM), d'une carte topographique ainsi que d'image satellite de l'endroit concerné et le tout en haute résolution. Après avoir posé des points de repère sur la photographie et les endroits leurs correspondants sur la carte topographique, la calibration place la caméra à un point de prise de vue calculé par rapport aux points de repère situés plus tôt sur l'image et sur les cartes. Il est possible ensuite d'effectuer des corrections afin d'affiner la calibration de la caméra jusqu'à obtenir le moins d'erreurs de calibration possible.

Enfin, les polygones créés sur ArcGIS représentant les parcelles de forêt de pins sylvestres sélectionnées plus haut peuvent être importés et placés sur l'image qui a été calibrée préalablement.

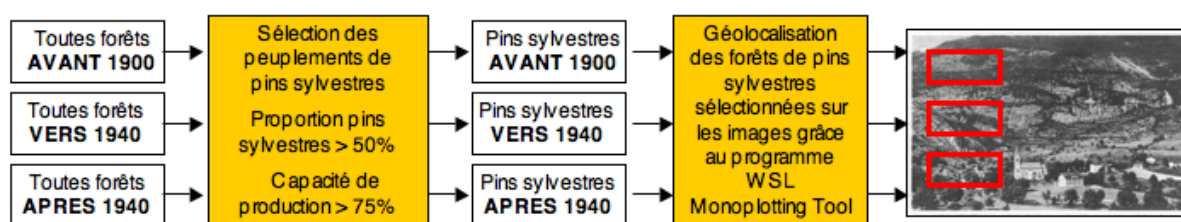
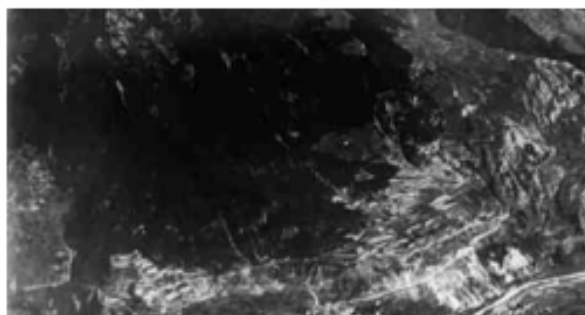


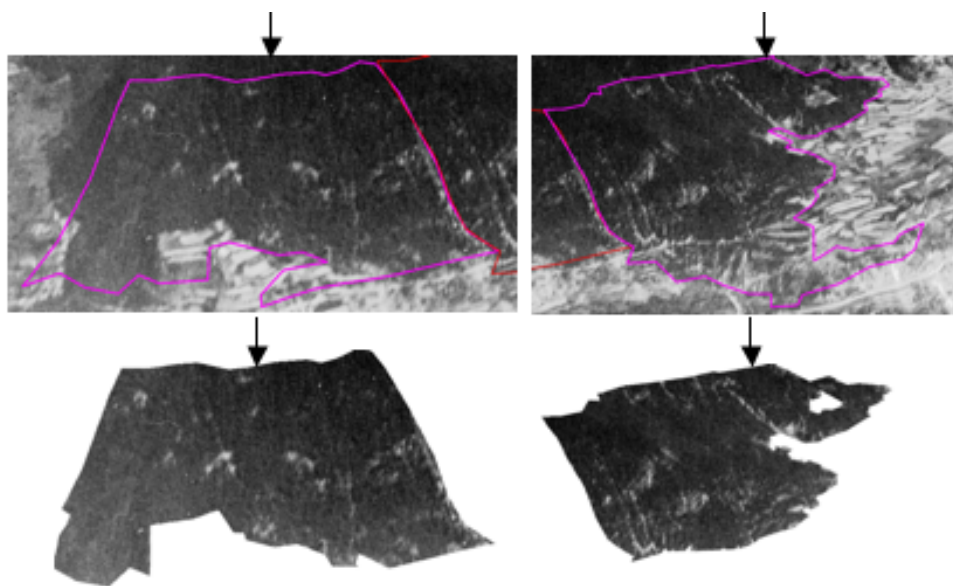
Figure 11. Géolocalisation sur les images des parcelles de pins sylvestres auparavant sélectionnées

- Traitement des images issues du WSL Monoplotting Tool

Chaque polygone représentant une parcelle de forêt de pins sylvestres a été exporté depuis le programme WSL Monoplotting Tool en tant qu'image individuelle. Puis, les limites du polygone ainsi que tout ce qui se trouvait à l'extérieur de ces limites a été effacé avec un programme de dessin, comme « Adobe Photoshop », par exemple. De plus, les clairières visibles à l'œil nu ont également été effacées en se basant sur la capacité de production comme indication (information tirée du plan d'aménagement forestier). Ceci a été fait car le but est d'analyser l'aspect visuel de la densité de la forêt, sans tenir compte des clairières qui pourraient influencer les proportions des couleurs claires et foncées. Enfin, chaque image a été marquée par un code permettant d'identifier la photographie originale dont elle est issue, le plan d'aménagement et le numéro de la parcelle dont les données ont été tirées. Les informations suivantes pour la recherche de corrélation ont été ajoutées à la suite du code: la différence de temps entre la prise de vue et le début du recensement effectué pour le plan d'aménagement forestier en année (di), le matériel sur pied en m³ (vo), le nombre de tiges en nombre entier (ti), la capacité de production en pourcent (cap), la proportion de pins sylvestres en pourcent (pin), la différence d'angle entre la prise de vue et la pente de la parcelle en degré (deg) et la distance de la caméra à la parcelle en mètre (dist).



Extrait de :
Rhonental mit Leuk VS (ca 1925)
© Bibliothèque nationale suisse



© Bibliothèque nationale suisse
-- Rhonental mit Leuk VS (ca 1925) -- WP Leuk 1936 Abt7
-- di-11 vo102 ti405 cap100 pin70 deg49 dist12215

© Bibliothèque nationale suisse
-- Rhonental mit Leuk VS (ca 1925) -- WP Leuk 1936 Abt8
-- di-11 vo88 ti374 cap100 pin82 deg43 dist12598

Figure 12. Traitement des images issues du programme WSL Monoplotting Tool à titre d'exemple

- Analyse des couleurs des images traitées

L'analyse des couleurs des images traitées a été effectuée grâce au programme « ImageJ » qui permet de représenter les pixels des différentes couleurs (de 0 à 256 qui représente toute la gamme des gris du noir au blanc) par un histogramme ou par un tableau représentant le nombre de pixel par couleur. Ce tableau a ensuite été exporté vers le programme « Excel » de Microsoft Office pour chaque image afin de pouvoir mettre à l'échelle le nombre de pixel pour chaque couleur, afin d'éliminer toute disproportion dans le nombre de pixel par couleur liée à la taille de l'image. Enfin, les données des images faisant partie de la même photographie à l'origine ont été représentées dans un seul et même graphique afin de pouvoir analyser les différences dans les proportions de couleur. Les images qui ne contenaient qu'un seul peuplement de pins sylvestres n'ont pas été prises en compte pour l'analyse des corrélations, car il fallait automatiquement au moins deux images à analyser pour pouvoir comparer la répartition des couleurs par rapport aux données des plans d'aménagement. Pour finir, les 56 derniers nombres de pixel par couleurs ont été éliminés, car ils représentaient les différents niveaux de blanc représentant l'arrière-plan de l'image ainsi que les couleurs claires entourant les limites des forêts.

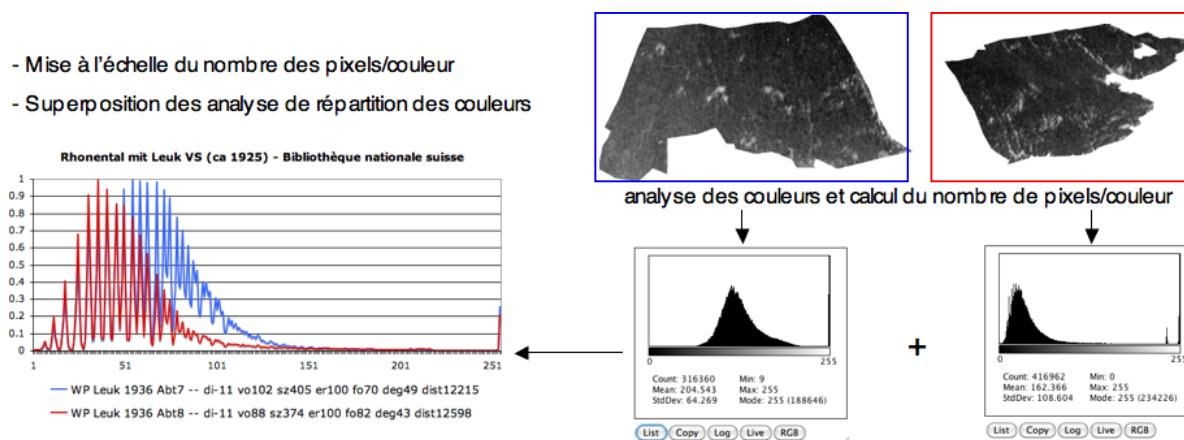


Figure 13. Exemple simplifié d'exportation des données de l'analyse des couleurs faites dans le programme « ImageJ » vers « Excel » de Microsoft Office.

2.4.3 Analyse de l'évolution des peuplements de pins sylvestres

- Sélection des données pour l'analyse de l'évolution des forêts de pins sylvestres

Pour la comparaison des données servant à l'analyse de l'évolution des forêts de pins sylvestres (deuxième partie du travail), l'outil « intersect » sur ArcGIS a d'abord été appliqué aux trois groupes de données suivants : avant 1900, vers 1940 et après 1970. Cette opération permet de garder seulement les surfaces pour lesquelles il y a des données dans les trois groupes cités avant. Puis seules les forêts avec plus de 50% de pins sylvestres et plus de 75% de capacité de production dans le groupe « avant 1900 » ont été sélectionnées pour l'analyse. Ce choix arbitraire de sélection suit la même logique que la sélection décrite dans les méthodes liées à l'analyse de l'aspect visuel de la densité des peuplements de pins sylvestres grâce à la comparaison d'images décrite plus haut. Cependant, dans le cas présent, il est possible d'analyser l'évolution des forêts de pins sylvestres sur les années qui suivent puisque les données des groupes « vers 1940 » et « après 1970 » sont attachées à la suite de la sélection de forêt de pins sylvestres dans le groupe « avant 1900 » grâce à l'opération « intersect » effectuée en premier lieu. Une comparaison incluant également le groupe de données « après 1940 » n'a pas été effectuée dans cette étude car ce groupe contient trop peu de plans d'aménagement forestiers et aurait limité les possibilités de comparaison.

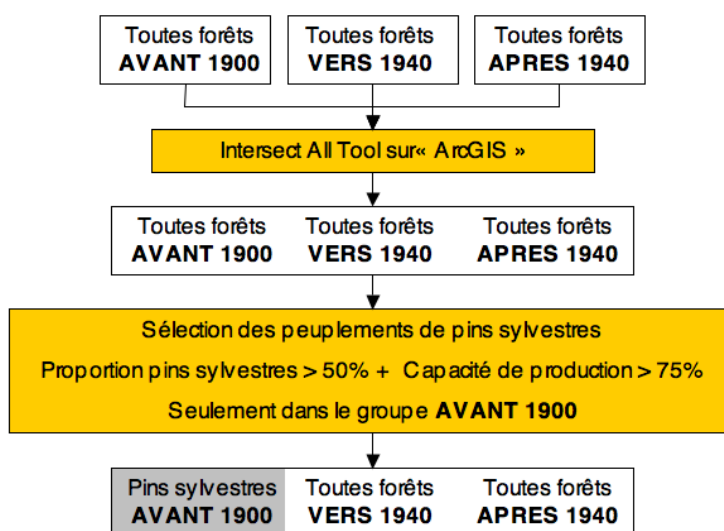


Figure 14. Superposition des données des trois groupes puis sélection des forêts de pins sylvestres

3. Résultats

3.1 Analyse de l'aspect visuel de la densité des peuplements

3.1.1 Exemple de sélection d'images

Une sélection d'images selon différents critères a été appliquée afin d'obtenir les meilleurs résultats possibles. Afin d'illustrer ces choix, deux exemples sont présentés ci-dessous.

- Exemple d'image adéquate

L'image ci-dessous (Figure 17) est un bon exemple de photographie utilisée pour ce travail. Premièrement, cette photographie a été prise à la même époque que les données faisant partie du groupe « vers 1940 » ce qui rend la comparaison plus significative. Ensuite, l'endroit de la prise de vue est idéal car il est en amont des éléments utiles à la géolocalisation, ce qui diminue considérablement les erreurs de calcul. De plus, la très large surface boisée située en arrière-plan regroupe probablement un important nombre de parcelles forestières. Enfin, la luminosité et la résolution sont toutes deux suffisantes pour obtenir des résultats de bonne qualité. Cette image est donc adéquate pour l'analyse malgré une distance conséquente entre l'objectif de la caméra et les flancs des montagnes boisées.



Figure 15. Exemple d'image adéquate : « Sierre vers 1939 » www.delcampe.com

- Exemple d'image inadéquate

L'image ci-dessous (Figure 16) ne peut être utilisée pour ce travail pour différentes raisons. Tout d'abord, la date de prise de vue est postérieure à la période d'analyse. Ensuite, la photographie a été prise en contrebas du peuplement forestier, ce qui rend difficile la géolocalisation effectuée par le programme « WSL Monoplotting Tool ». En effet, les erreurs de calcul sont plus importantes lorsqu'un point de contrôle est mal placé sur la photographie ou sur la carte, car la distance augmente drastiquement. Enfin, la surface de la partie boisée, située dans cet exemple au-dessus de Loèche, n'est pas assez importante et ne contient probablement que trop peu de parcelles forestières pour procéder à une analyse complète. Cependant, la luminosité, la distance entre l'endroit de la prise de vue et la surface boisée ainsi que la résolution suffisante aurait permis un travail de bonne qualité.



Figure 16. Exemple d'image inadéquate : « Leuk 1970 » www.delcampe.com

3.1.2 Incohérences entre les images et les données

Pour la première partie de ce travail, aucune corrélation entre les données extraites des plans d'aménagement forestier et l'aspect visuel de la densité des forêts de pins sylvestres sur les images analysées n'a pu être trouvée. En effet, beaucoup de contradictions ont été découvertes en comparant les répartitions des couleurs des 67 images de peuplements créés et les données correspondantes extraites des plans. De plus, ces incohérences ont été observées

pour toutes les caractéristiques prises en considérations pour la recherche de corrélations, comme le volume, la proportion de pins sylvestres, la capacité de production et bien d'autres encore.

3.1.3 Exemples de contradictions dans les corrélations

- Incohérences pour des volumes homogènes de peuplements de pins sylvestres

La figure ci-dessous (Figure 18) présente deux graphiques illustrant pour chacun les répartitions des couleurs de deux photographies de peuplements de pins sylvestres différentes.

Les deux parcelles forestières à gauche sont caractérisées toutes deux par le même volume, c'est-à-dire 98 m³/ha (symbolisé par les lettres « vo »). Comme supposé, le graphique démontre des courbes quasiment identiques pour les répartitions des couleurs des images correspondant aux deux parcelles.

Cependant, à droite, les deux courbes du graphique sont aussi semblables, alors que les volumes des deux peuplements diffèrent complètement: 203 m³/ha pour le premier, mais seulement 114 m³/ha pour le deuxième. La différenciation au niveau des répartitions des couleurs des images des deux parcelles forestières à droite qui était attendue n'a donc pas été observée.

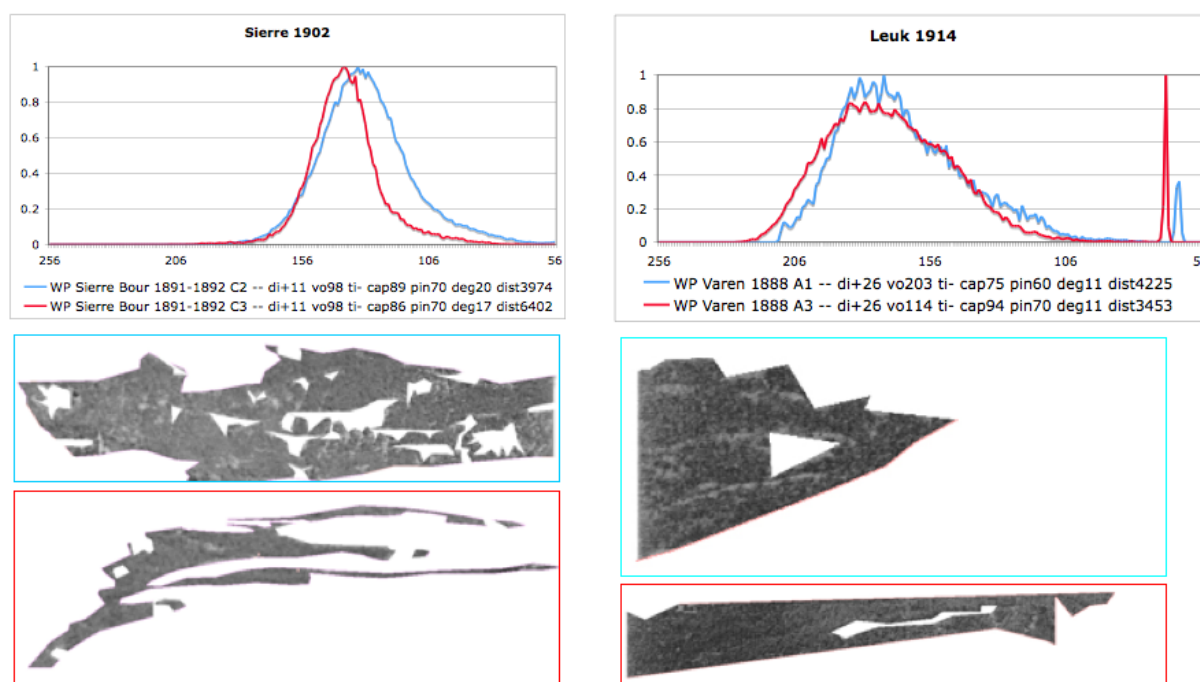


Figure 17. Incohérences pour des volumes homogènes de peuplements de pins sylvestres

- Incohérences pour des volumes hétérogènes de peuplements de pins sylvestres

Un second exemple pour l'analyse des corrélations des volumes est illustré ci-dessous (Figure 19). Cette fois, les deux parcelles de l'image de gauche, comme les deux parcelles de l'image de droite, présentent toutes des taux de matériel sur pied différents.

Tout d'abord, à gauche de l'illustration, le premier peuplement dont le volume est le plus haut (123 m³/ha) démontre une répartition des couleurs qui tend légèrement vers la droite du graphique, alors que le deuxième peuplement qui représente le volume plus faible (114 m³/ha) tend vers la gauche.

Cependant, à droite de l'illustration, le graphique présente le phénomène inverse, ce qui rend le phénomène observé dans le premier cas à gauche de l'illustration incohérent. En effet, la répartition des couleurs de la première parcelle de forêt qui a le matériel sur pied de loin le plus important (61 m³/ha) est cette fois-ci située très nettement à la gauche de la courbe de la deuxième parcelle qui a le volume le plus faible (26 m³/ha).

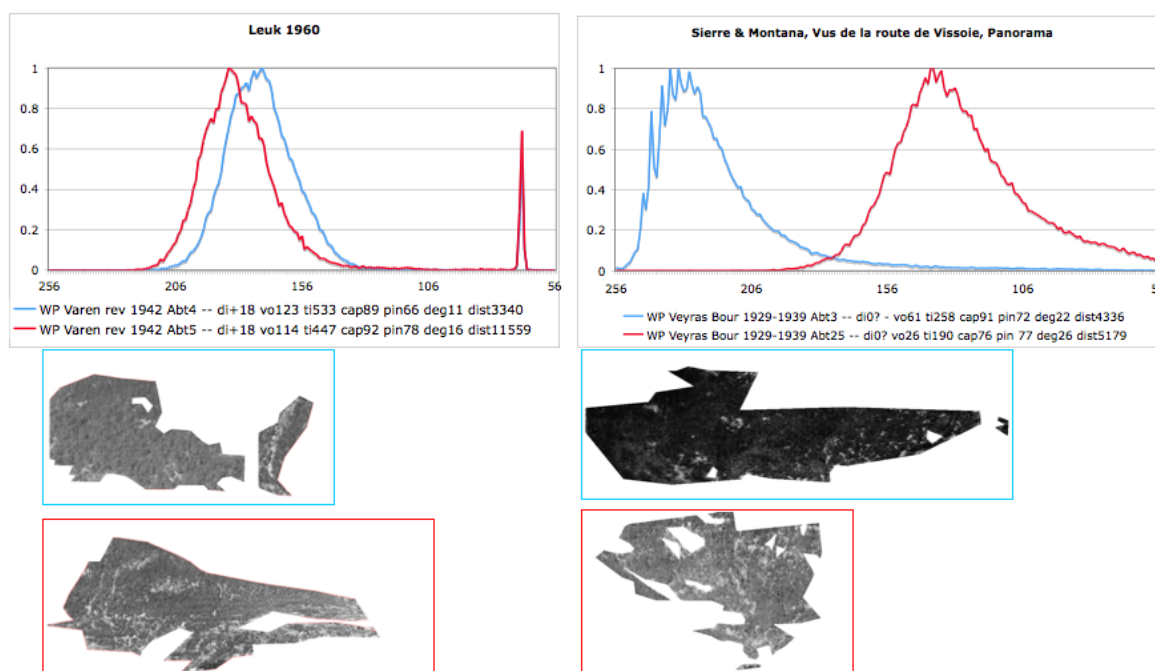


Figure 18. Incohérences pour des volumes hétérogènes de peuplements de pins sylvestres

- Exemple de similarités dans les couleurs malgré les différences de caractéristiques

Dans le cas de cet exemple, illustré par la Figure 20, la répartition des couleurs des quatre peuplements de pins sylvestres démontre des tracés identiques pour la plupart des cas.

Cependant, les caractéristiques des parcelles de forêt sont toutes différentes les unes des autres. En effet, le volume (vo) passe de $85 \text{ m}^3/\text{ha}$ à $190 \text{ m}^3/\text{ha}$ et le nombre de tiges (ti) par hectare varie entre 374 et 468. De plus, les répartitions des couleurs en lien avec la capacité de production (cap) et la proportion de pins sylvestres (pin), qui sont les paramètres présentant le moins d'écarts, ne suivent aucune logique. En effet, la première parcelle, dont la capacité de production est la seule qui diffère de manière importante des autres (77%), ne présente que des tons de couleurs légèrement plus foncés (courbe vers la gauche). A l'inverse, la quatrième parcelle (courbe en vert) tend vers la droite quand bien même elle ait la même capacité de production que les autres (100%). Enfin, la courbe de la deuxième parcelle (en rouge) qui présente la proportion de pins sylvestres la plus forte (100%) se trouve au milieu des courbes représentant des forêts de pins sylvestres avec des taux de proportions bas.

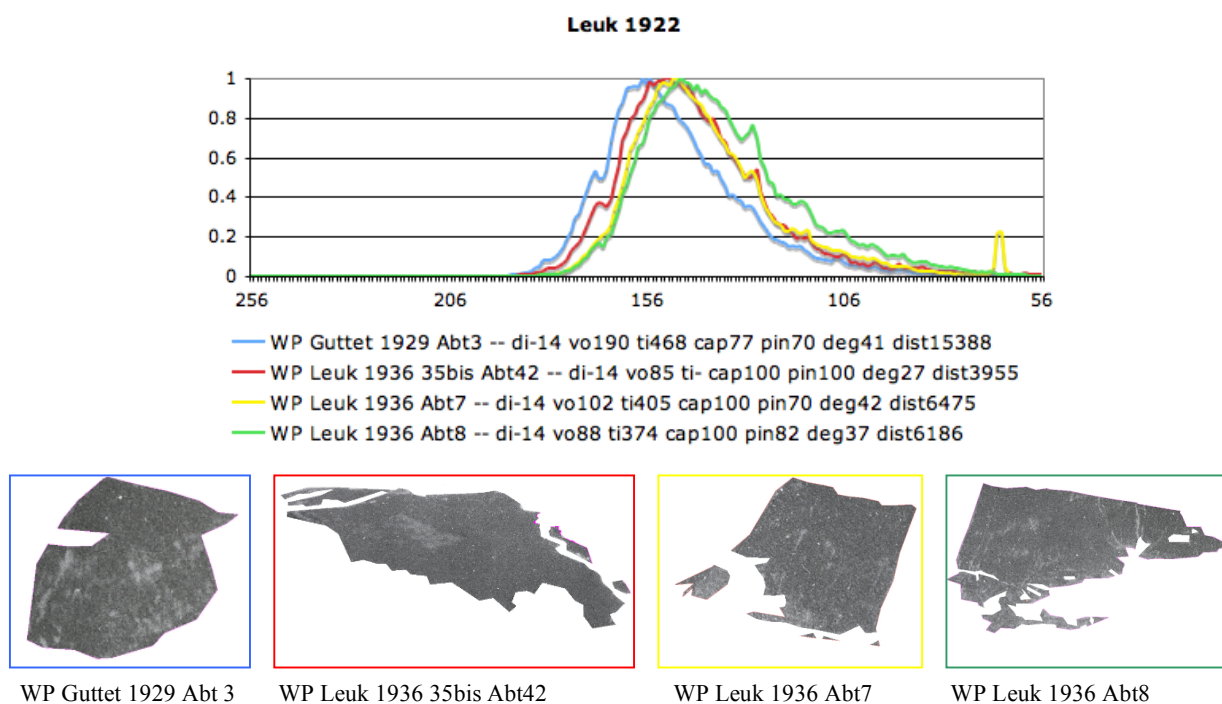


Figure 19. Répartitions de couleurs similaires pour des caractéristiques de peuplements forestiers différents

- Exemple des effets météorologiques sur la répartition des couleurs

Un autre exemple illustre les effets des conditions météorologiques, en particulier celui de la neige, sur les répartitions des couleurs (dans la Figure 21).

Les deux images présentent toutes deux une partie du peuplement de pins sylvestres recouverte de neige. Cependant, l'intensité de l'enneigement n'est pas identique pour les deux parcelles. Cette différence de surface à l'aspect blanchâtre est clairement démontrée dans le graphique. En effet, celui-ci présente des courbes s'étirant vers la droite (pour les couleurs claires) de manière proportionnelle à la grandeur de la surface enneigée.

Par conséquent, il est difficile dans ce cas-là, voire impossible, de pouvoir distinguer une différence de couleurs due aux caractéristiques des peuplements forestiers. En effet, les courbes sont plus ou moins identiques au centre du graphique alors que tous les paramètres des parcelles de forêts sont tous différents.

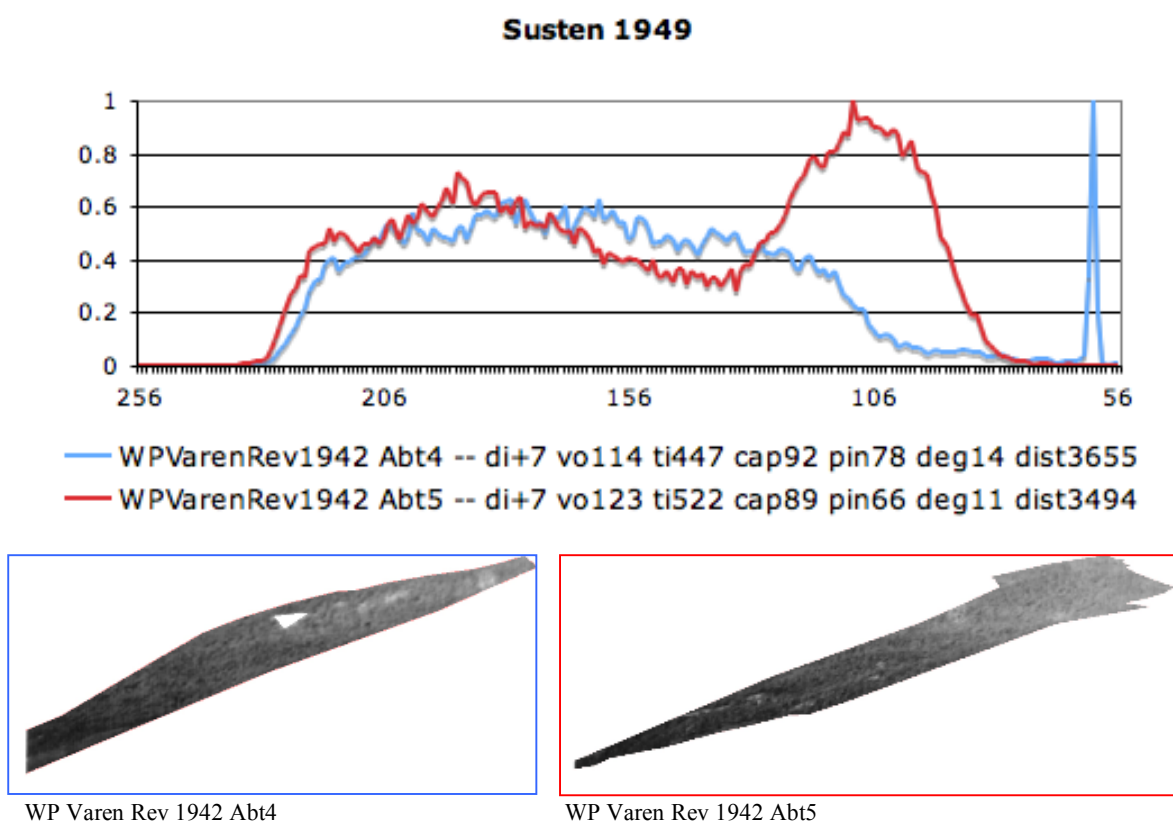


Figure 20. Exemple de l'effet de la neige sur les répartitions des couleurs

- Exemple de résultats incohérents suite à l'analyse de couleurs

Dans ce dernier exemple (Figure 22), les courbes sont bel et bien différentes les unes des autres, mais ne représentent en aucun cas une logique pour les différentes caractéristiques des peuplements de pins sylvestres. En effet, aucune logique n'est suivie pour les répartitions des couleurs illustrées par les courbes.

Un exemple frappant est la première parcelle forestière (en bleu) dont le spectre de couleur paraît large et très faible, vu son étendue sur le graphique de gauche à droite et son faible pourcentage qui ne dépasse jamais les 40%. Une appréciation globale permet de dire que cette courbe est de loin très différente des autres. Pourtant, le volume du peuplement de pins sylvestres (108 m³/ha), son nombre de tiges par hectare (403) et sa capacité de production (100%) sont tous très proches des chiffres de la troisième surface, qui est caractérisé par un volume de 100 m³/ha, 364 tiges par hectare et 97% de capacité de production. Enfin, des comparaisons supplémentaires pour les autres peuplements mènent également à des incohérences similaires.

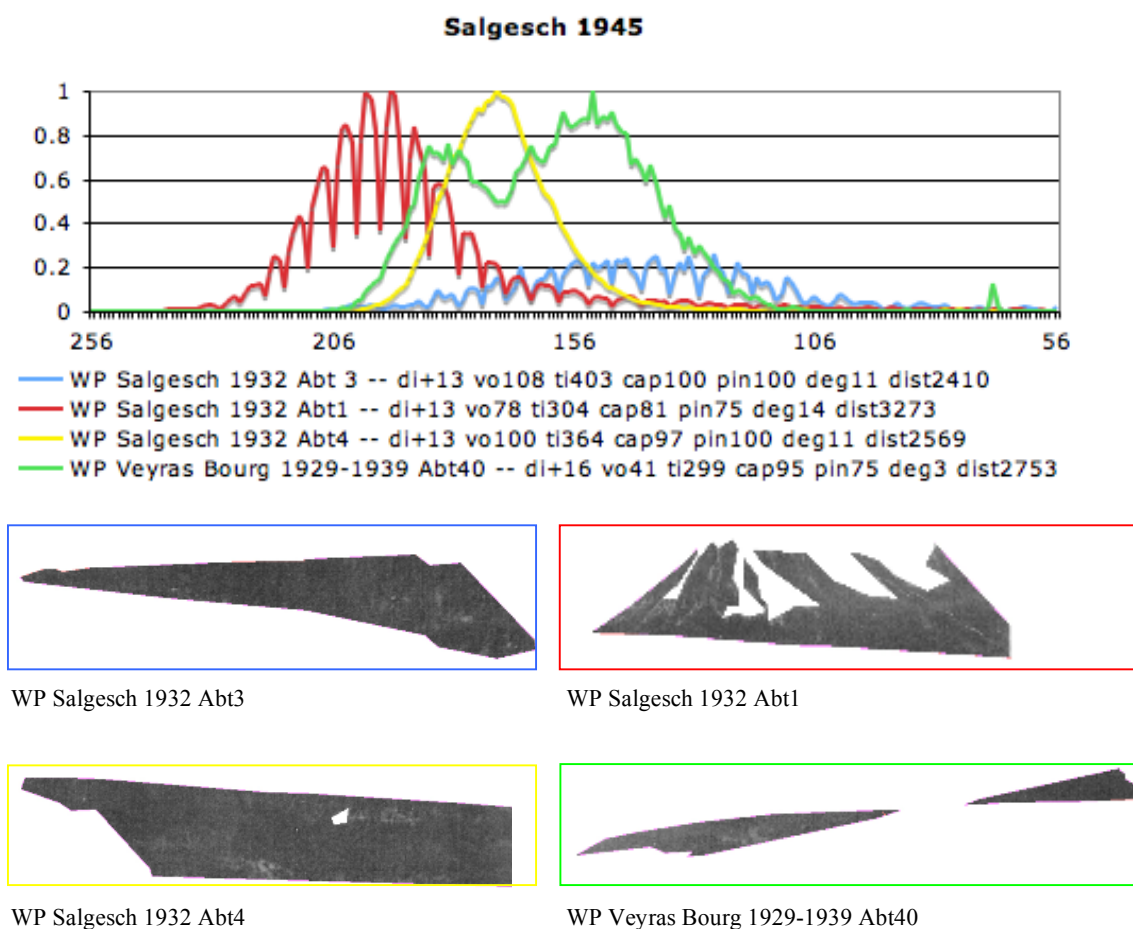


Figure 21. Exemple de répartitions de couleurs ne suivant aucune logique et donc sans corrélation

3.1.4 Sélection de données plus récentes

En représentant graphiquement les données des plans d'aménagement, les données du groupe « avant 1900 » présentaient une disparité particulièrement élevée par rapport aux données des groupes « vers 1940 » et « après 1940 ». Pour cette raison, une sélection des 9 images les plus récentes a été effectuée et les analyses des données plus précises des plans d'aménagement correspondants ont été vérifiées. Les images qui ont été choisies pour cette deuxième évaluation sont les suivantes :

Chippis,-vers-1950-1960	Sierre 1939	Susten 1941	Varen 1955
Leuk 1960	Sierre et Chippis, 1934	Susten 1949	Vue-depuis-Nax,-1945b
Salgesch 1945			

Tableau 4. Sélection des 9 images les plus récentes pour la vérification des analyses effectuées avec les données les plus précises des plans d'aménagement forestier

Cependant, comme dans la première partie du travail, aucun résultat n'a été trouvé à la suite de cette sélection, car les corrélations représentaient également différentes contradictions. Ainsi, la précision des données des plans d'aménagement forestier n'a pas influencé les analyses et aucune corrélation n'a pu être trouvée dans cette étape du travail.

3.1.5 Extrapolation impossible

Ainsi, il a été démontré qu'il n'y a aucun lien entre les données des plans d'aménagement forestier et leur aspect visuel. En conséquence, ce manque de corrélation rend impossible l'analyse de l'effet de la densité des peuplements sur les proportions des différentes essences ou sur d'autres caractéristiques. De plus, il est également impossible de procéder à une extrapolation vers des peuplements de pins sylvestres dont il n'y a pas de données. La première partie de ce travail n'a donc pas permis de réaliser les objectifs malgré tous les moyens mis à disposition.

3.2 Comparaison des plans d'aménagement forestier

Pour la deuxième partie de ce travail, les données des groupes « avant 1900 », « vers 1940 » et « après 1970 » ont été analysées afin de pouvoir observer et décrire de façon générale les forêts de pins sylvestres et leurs changements. Cette analyse a été effectuée pour toutes les surfaces de peuplement de pins sylvestres du groupe « avant 1900 » possédant également des données pour ces mêmes surfaces dans les groupes « vers 1940 » et « après 1970 ». La sélection de ces peuplements de pins sylvestres dans le groupe « avant 1900 » contient seulement des peuplements dont la proportion de pins sylvestres dépassait 50% et ayant une capacité de production dépassant les 75% (voir aussi le chapitre des méthodes).

3.2.1 Analyse des pins sylvestres et des autres essences

L'analyse des données démontre clairement une baisse dans la proportion des essences de pins sylvestres dans le groupe « après 1970 » après une légère augmentation de la moyenne dans le groupe « vers 1940 ». Cependant, après avoir pondéré ces résultats avec la surface afin d'augmenter la représentativité, on remarque que la baisse n'est pas aussi forte qu'elle n'apparaît en premier lieu. Il est en revanche impossible de déterminer à quelle autre essence cette légère baisse dans les proportions de pins sylvestres profite, si ce n'est peut-être l'apparition des sapins blancs « vers 1940 » et « après 1970 ».

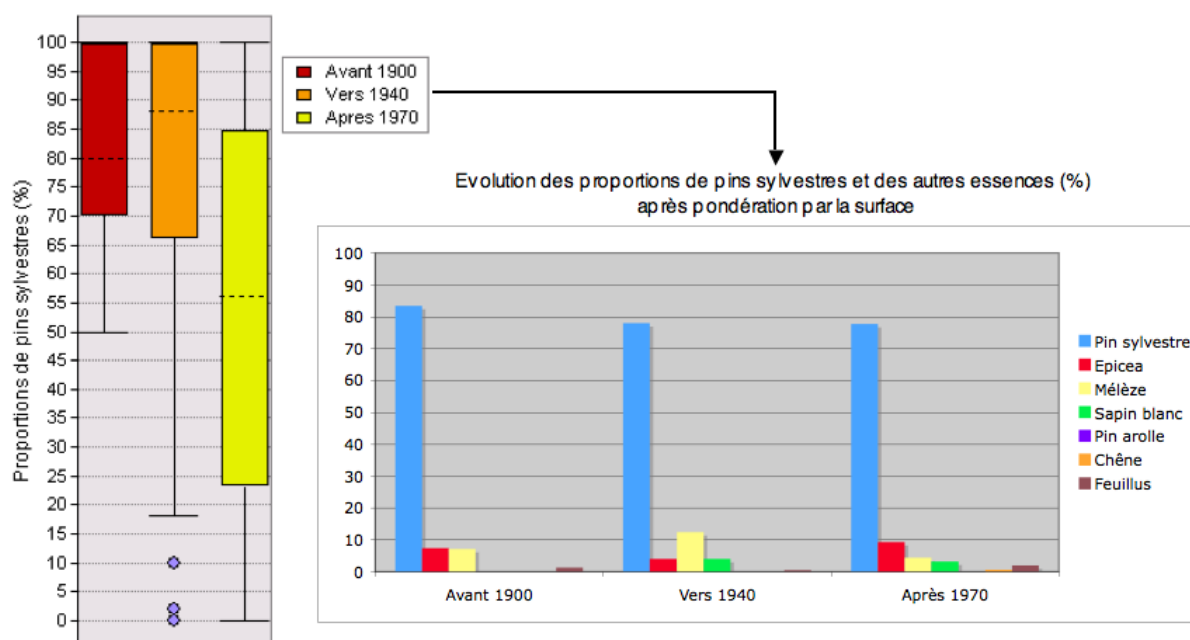


Figure 22. Aperçu des données des proportions des pins sylvestres (box plot à gauche) et évolution des proportions de pins sylvestres et des autres essences (histogramme à droite)

3.2.2 Analyse des volumes et de la capacité de production

Pour ce qui est de l'évolution des volumes, l'analyse des données démontre une croissance importante du matériel sur pied dans le groupe « après 1970 » après une légère baisse dans le groupe « vers 1940 ». Après la pondération des résultats avec la surface, la croissance du volume paraît constante pour tous les groupes de données. De plus, l'analyse de la capacité de production démontre une relative stabilité sur toutes les périodes. Cela renforce ainsi la croissance des volumes, qui ne peut pas être due à une surface de production plus grande.

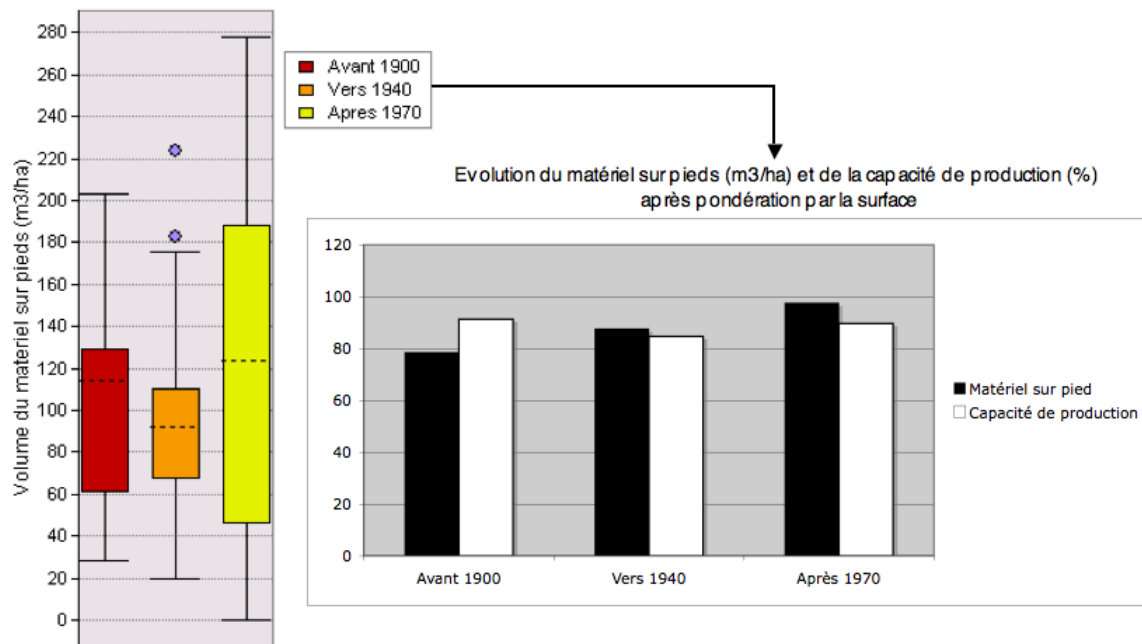


Figure 23. Aperçu des données du matériel sur pied (box plot à gauche) et évolution du matériel sur pied et de la capacité de production (histogramme à droite)

3.2.3 Evolution des forêts de pins sylvestres

Il est intéressant de se pencher maintenant sur l'évolution des forêts de pins sylvestres du groupe « avant 1900 » en soi. Pour cette analyse, la sélection faite dans le groupe de données « avant 1900 » est considérée comme étant le 100% des surfaces de forêt de pins sylvestres du départ. Puis, l'évolution démontre combien de pourcent des surfaces sélectionnées dans le groupe « avant 1900 » correspondent toujours et encore aux critères initiaux dans les groupes de données suivants : « vers 1940 » et « après 1970 ». Encore une fois, une forêt de pins sylvestres est considérée en tant que telle si elle est composée d'au moins 50% de pins sylvestres et si sa capacité de production est d'au moins 75%.

Les recherches sur l'évolution des forêts de pins sylvestres démontrent qu'environ 40% des surfaces de forêts de pins sylvestres disparaissaient dans le groupe « vers 1940 ». Cependant, aucune autre surface supplémentaire de forêt de pins sylvestres ne disparaît (en plus de ceux du groupe « vers 1940 ») dans le groupe de données « après 1970 ». Il est important de préciser ici donc que les forêts disparues dans le groupe « vers 1940 » sont les mêmes que celles qui ont disparu dans le groupe de données « après 1970 ».

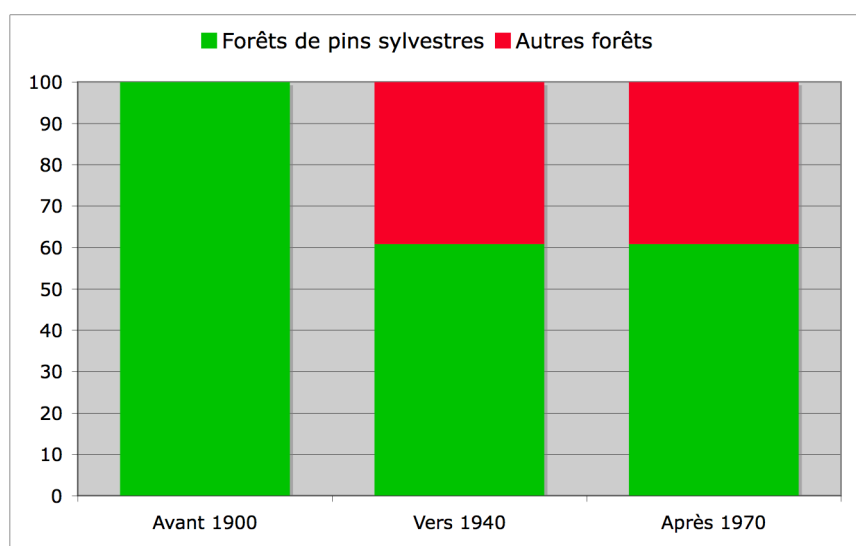


Figure 24. Evolution des forêts de pins sylvestres « avant 1900 », « vers 1940 » et « après 1970 »

Des analyses plus poussées ont démontré qu'une partie des surfaces de forêts disparues dans le groupe « vers 1940 » redevient à nouveau des forêts de pins sylvestres dans le groupe « après 1970 ». Cependant, aucune recherche supplémentaire n'a pu fournir des explications quant à la reconversion de ces forêts disparues, ce qui reste un fait surprenant.

3.2.4 Influence de l'homme sur l'évolution des forêts de pins sylvestres

Les recherches dans le groupe de données « vers 1940 » ont permis de découvrir dans les forêts de pins sylvestres qui ont subsisté une combinaison de l'utilisation de la litière et du parcours du bétail sur les mêmes surfaces. Ainsi ce serait la pression de l'homme qui aurait retardé l'apparition des feuillus, notamment à cause de l'élimination de sa régénération naturelle par l'utilisation traditionnelle de ces forêts (Gimmi, 2006). En revanche, on observe pour les autres 40% de forêts de pins sylvestres qui ont disparu dans le groupe « vers 1940 » seulement l'utilisation de la litière ou le parcours du bétail.

Toutefois, il est difficile de prouver quelle est l'influence de l'homme sur ces forêts. En effet, l'utilisation de la litière et le parcours du bétail par le passé ont été consciemment limités aux forêts de pins sylvestres à cause de leur faible valeur économique. Cependant, il a été prouvé que la pression de l'homme a influencé localement l'environnement de la végétation de façon spécifique (Gimmi et al., 2008). La figure 25 a été utilisée afin de mieux illustrer les analyses effectuées dans cette partie du travail.

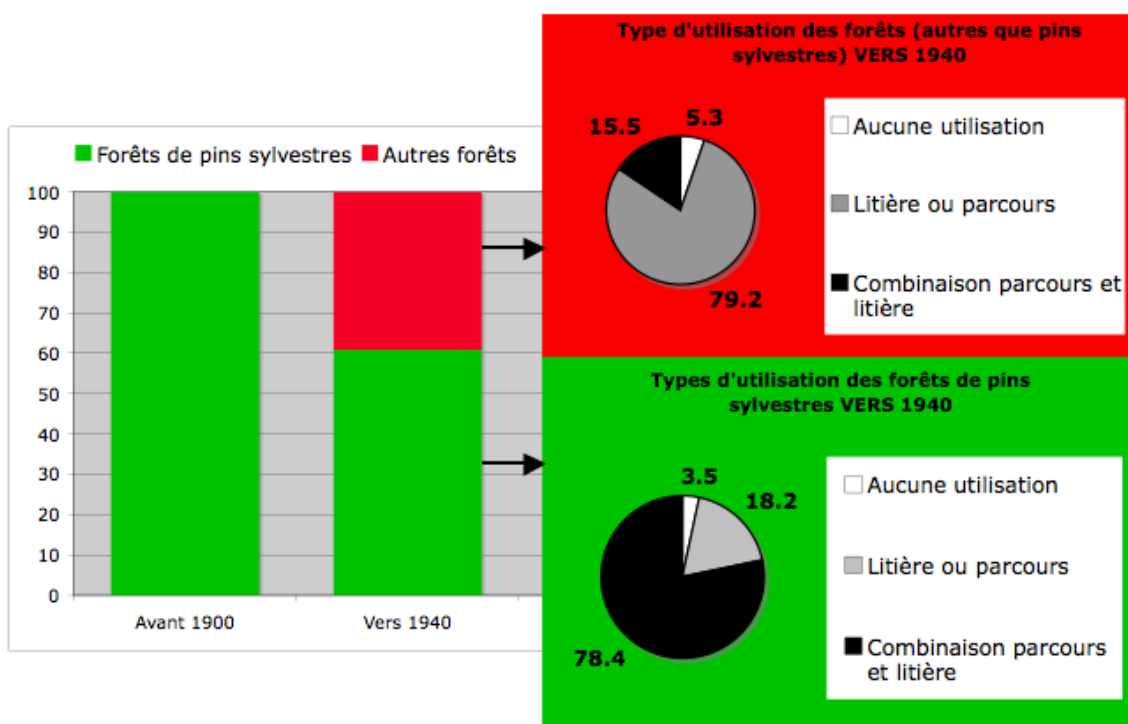


Figure 25. Influence de l'utilisation traditionnelle des forêts de pins sylvestres sur leur composition

3.2.5 Représentation de l'évolution sur une carte géographique

Une carte a été créée afin de pouvoir représenter géographiquement l'évolution des forêts de pins sylvestres analysée dans le chapitre précédant pour les trois périodes « avant 1900 », « vers 1940 » et « après 1970 ». En plus des deux groupes « forêts de pins sylvestres constantes » et « forêts de pins sylvestres disparues » connus, un nouveau groupe appelé « nouvelles forêts de pins sylvestres » est illustré dans cette figure. Ce dernier groupe représente des surfaces de forêts, qui ne font pas partie de la sélection de départ dans la période « avant 1900 », mais qui remplissent les critères d'une forêt de pins sylvestres dans ce travail et qui apparaissent dans les périodes « vers 1940 » et « après 1970 ». Cependant, les raisons pour lesquelles ces nouvelles forêts se forment dans ces périodes plus tardives n'ont pas été recherchées dans cette étude.

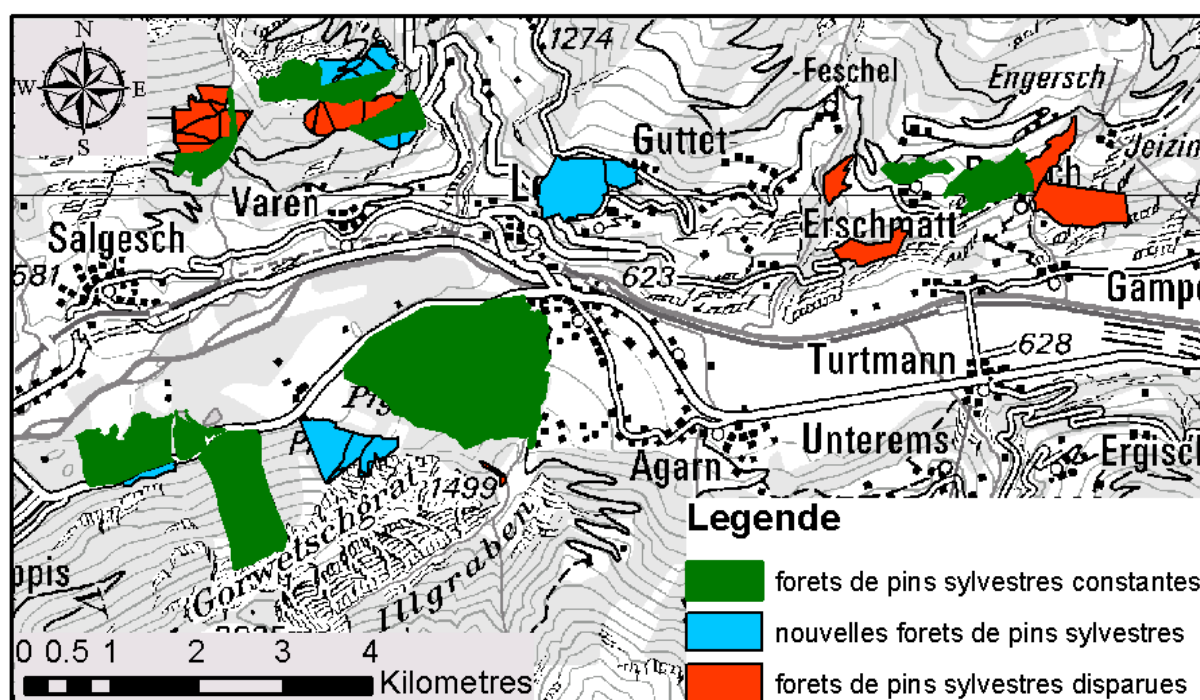


Figure 26. Carte de situation géographique de l'évolution des forêts de pins sylvestres dans le temps (1900-1970)

3.2.6 Représentativité des analyses

Des comparaisons ont été effectuées pour les analyses réalisées précédemment en utilisant comme référence la carte de végétation forestière du canton du Valais établie par Werlen (1994). Ces analyses restent indicatives, car il est nécessaire de prendre en considération les différences liées à la définition moins stricte d'une forêt de pins sylvestres utilisée dans cette carte de végétation forestière. La figure 25 de l'évolution des forêts de pins sylvestres dans le temps a été reprise une nouvelle fois afin de pouvoir illustrer ces comparaisons au mieux.

Dans le premiers groupe de données « avant 1900 », la sélection qui a permis d'identifier les forêts de pins sylvestres pour analyser son évolution dans le temps, représente environ 40% de toutes les surfaces des forêts contenues dans les plans d'aménagement forestier du groupe « avant 1900 ».

Dans le dernier groupe de données « après 1970 », les forêts de pins sylvestres qui ont survécu au temps et qui répondent encore à la définition représentent environ 14% des surfaces de forêts de pins sylvestres contenu dans tout le périmètre de recherche, selon le plan de végétation forestière de Werlen (1994).

Enfin, la dernière comparaison (Figure 27) permet d'étendre l'analyse de l'évolution des forêts de pins sylvestres jusqu'à l'époque de la création de la carte de végétation forestière par Werlen (1994). Cette analyse démontre que 78% des forêts disparues dans le groupe « après 1970 » redeviennent des forêts de pins sylvestres et que 93% des forêts de pins sylvestres ayant survécu au temps le sont toujours restées.

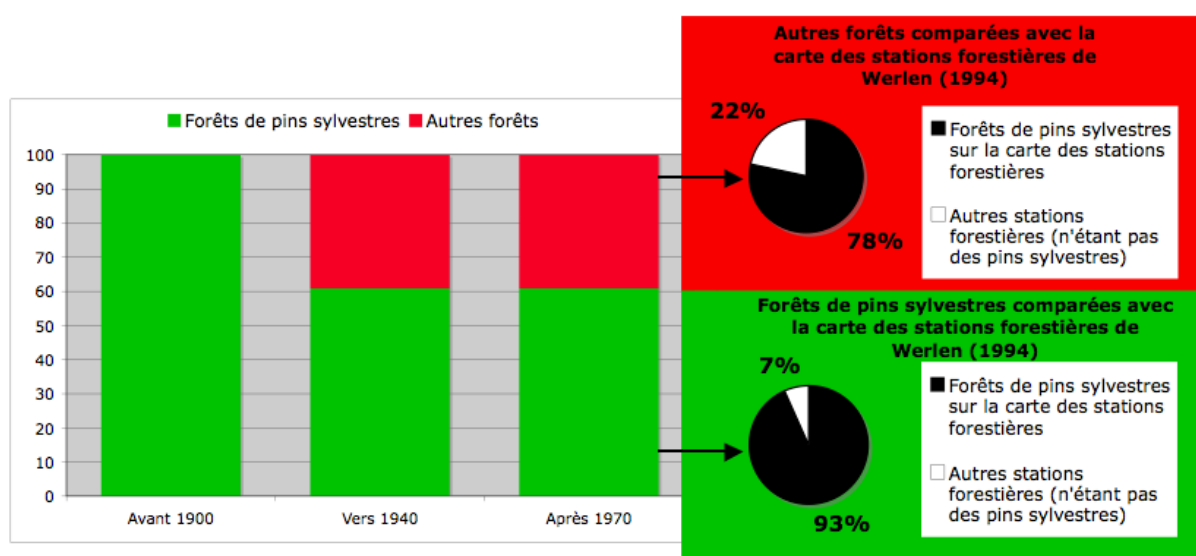


Figure 27. Développement des forêts de pins sylvestres restantes ou disparues jusque dans les années 90

3.2.7 Récapitulation des résultats

A1. Corrélation entre l'aspect visuel de la densité des peuplements de pins sylvestres et leurs caractéristiques, basées sur les données des plans d'aménagement forestier

Les recherches n'ont démontré aucune cohérence entre ces deux éléments. Il est donc impossible d'évaluer l'effet de la densité sur la composition ou sur d'autres éléments des peuplements de pins sylvestres.

A2. Extrapolation des corrélations trouvées vers d'autres images de parcelles forestières composées de pins sylvestres pour lesquelles il n'existe pas de données

Comme il n'y a pas de corrélations, il n'est pas possible d'extrapoler quoi que ce soit non plus. Par conséquent, il est également impossible d'évaluer l'effet des utilisations traditionnelles sur la densité des forêts de pins sylvestres.

B1. Comparaison des données des plans d'aménagement forestier : une analyse de l'évolution des forêts de pins sylvestres entre 1900 et 1970

Les analyses ont démontré une légère baisse dans les proportions de pins sylvestres mais une croissance marquée du matériel sur pied. De plus, les recherches indiquent que seul 60% des forêts de pins sylvestres du groupe « avant 1900 » ont survécu dans les groupes « vers 1940 » et « après 1970 ».

Les forêts de pins sylvestres ont survécu notamment grâce à la combinaison de l'utilisation de la litière avec le parcours du bétail, ce qui va dans le sens de notre hypothèse. En effet, une utilisation plus intensive aurait permis de diminuer l'effet de l'évapotranspiration, mais aucune confirmation concernant la densité de ces peuplements ne peut être émise suite à ces analyses.

Les comparaisons supplémentaires révèlent que 93% des forêts de pins sylvestres restant dans le dernier groupe « après 1970 » le sont toujours encore de nos jours, selon la carte des stations forestières de Werlen (1994). Enfin, ces forêts de pins sylvestres qui ont survécu représentent 14% des forêts de pins sylvestres du périmètre de recherche.

Pour finir, des apparitions de nouveaux peuplements de pins sylvestres ont aussi été démontrées dans certain cas, mais ces phénomènes n'ont pas été analysés en détail dans ce travail.

4. Discussion

4.1 L'analyse de l'aspect visuel de densité des images

Ce travail a démontré qu'il était impossible de trouver un lien entre l'aspect visuel de la densité des peuplements de pins sylvestres et leurs caractéristiques extraites des plans d'aménagement forestier. Par conséquent, comme il n'y a pas de corrélation, il ne peut y avoir d'extrapolation vers des images pour lesquelles il manque les données.

Des essais de reconnaissance par informatique de différents paramètres de peuplements forestiers ont été retrouvés dans la littérature. Dans l'étude de Rautalin et al. (2001), deux différents types de programmes informatiques, « Smart Forest » et « Monsu », ont été testés afin d'évaluer leurs estimations. Les mesures effectuées par ces programmes ont été comparées aux estimations d'un groupe d'expert. Alors que la plupart des paramètres ont été estimés de façon adéquate, la surface terrière (« stand basal area » en $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$) aussi noté « G » et le nombre de tiges (« no. of trees per ha ») sont les paramètres qui ont été les plus difficiles à évaluer pour les deux programmes informatiques. Or, ces deux paramètres font justement partie des caractéristiques permettant souvent d'évaluer la densité d'un peuplement forestier suivant différentes méthodes (Zeide, 2005).

Absolute and relative bias and RMSE of the 273–1530 assessments of growing stock characteristics^a

Growing stock characteristic	True values		Monsu			Smart Forest		
	Mean	S.D.	Bias	RMSE	RMSE (%)	Bias	RMSE	RMSE (%)
Mean age (a)	51.6	31.7	<i>-5.9</i>	19.2	37.2	<i>-3.9</i>	23.7	45.9
Mean height (m)	15.1	7.3	<i>-0.9</i>	2.8	18.7	0.1	4.5	29.8
Mean diameter (cm)	17.7	9.7	<i>-0.3</i>	4.5	25.2	0.4	6.4	36.1
Stand basal area ($\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$)	12.1	8.7	<i>-0.5</i>	7.2	59.8	0.8	5.3	43.9
No. of trees per ha	3564	5206	<i>-1746</i>	4738	132.9	<i>-2721</i>	5083	142.6

^a Statistically very significant biases ($p < 0.001$) are in italic face. All biases except for mean height with SmartForest are significant at the 0.01 risk level ($p < 0.01$).

Figure 28. Comparaison entre les mesures estimées par les programmes informatiques « Monsu » et « Smart Forest » à droite et les estimations données par un groupe d'expert à gauche (True values)

Ces résultats illustrent bien la difficulté liée à l'estimation des paramètres pour la densité des peuplements forestiers en utilisant l'aspect visuel donné par des images. En plus, il est souvent préférable d'utiliser un index pour mesurer la densité d'un peuplement, comme le « Stand Density Index » (SDI) aussi appelé « Reineke's Stand Density Index » d'après son inventeur. Cet index permet de donner une appréciation du « surpeuplement » d'une parcelle forestière et se base sur le nombre d'arbres par unité de surface ainsi que sur le diamètre à hauteur de poitrine de l'arbre à surface terrière moyenne (Reineke, 1933).

4.2 La comparaison des données des plans forestiers

4.2.1 L'évolution des proportions de pins sylvestres

Ce travail a démontré que les proportions de pins sylvestres dans les forêts du périmètre de recherche ont légèrement diminué pour la plupart des surfaces entre 1900 et 1970. Dans la thèse d'Urs Gimmi (2006), une baisse dans les proportions des pins sylvestres entre 1930 et 1994 dans les forêts situées en dessous de 1200 m en Valais a également été observée. Or, c'est également dans ces forêts de pins sylvestres en basse altitude que des taux importants de mortalité ont été observés (Rigling et al., 2006). La thèse d'Urs Gimmi (2006) en revanche démontre clairement que les feuillus remplacent les proportions de pins sylvestres disparus.

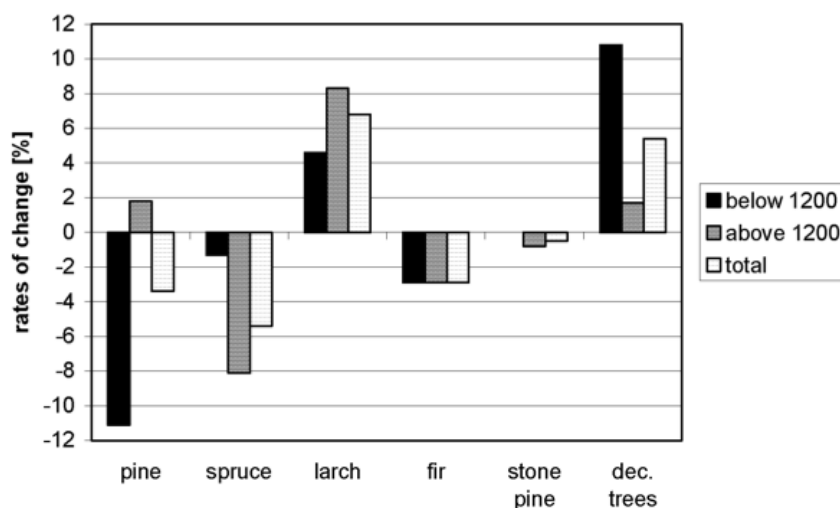


Figure 29. Baisse (en %) observé dans les proportions de pins sylvestres dans les forêts situées en dessous de 1200 m en Valais entre 1930 et 1994 dans la thèse d'Urs Gimmi (2006)

4.2.2 L'influence de l'utilisation des forêts par l'homme

La baisse des proportions de pins sylvestres observée dans la thèse d'Urs Gimmi (2006) n'a pu être associée à un certain type d'utilisation de ces forêts. Cependant, il a pu être démontré que l'utilisation de la litière, en particulier lorsqu'elle est combinée avec l'utilisation de ces surfaces forestières pour le parcours du bétail, anéantissait littéralement la régénération naturelle de feuillus. Cette disparition est la conséquence de l'élimination des germes et du plus haut risque d'abrutissement des feuillus (Gimmi, 2006). Ces conclusions vont dans le sens des résultats obtenus pour ce travail, qui démontrent que la combinaison de l'utilisation de la litière et le parcours du bétail dans les forêts de pins sylvestres a permis à ces forêts de subsister plus longtemps, justement grâce à l'élimination de la régénération naturelle des feuillus, comme les chênes pubescents probablement.

4.2.3 L'utilisation des forêts par l'homme et son dépérissement

L'utilisation intensive des forêts de pins sylvestres a retardé la succession naturelle des chênes pubescents à une échelle locale. Cependant, et de manière générale, c'est le réchauffement climatique, et notamment l'augmentation du stress lié à la sécheresse, qui est la cause principale du dépérissement des forêts de pins sylvestres (Rebetez et al., 2004; Bigler et al., 2006). En effet, les sécheresses, notamment celles durant l'été, ont un impact très négatif sur les pins sylvestres, alors que le chêne pubescent s'adapte relativement mieux aux changements climatiques (Weber et al., 2007). Pour conclure, le changement qui a lieu en Valais dans les compositions des forêts de pins sylvestres peut-être décomposé en deux étapes essentielles qui sont, d'une part, la succession naturelle des chênes et, d'autre part, le dépérissement des pins sylvestres (Gimmi et al., 2010).

4.2.4 Conclusion quant à l'influence de la densité des pins sylvestres

L'un des but de ce travail était de rechercher l'influence de la densité du peuplement sur la composition des forêts de pins sylvestres. Mais l'aspect visuel de la densité des peuplements n'a pu être étudié, car aucune corrélation entre l'aspect visuel et les données extraites des plans d'aménagement forestier n'a pu être démontrée.

Par conséquent, aucune recherche de l'effet de la densité des peuplements sur les caractéristiques des forêts de pins sylvestres n'a pu être effectuée dans ce travail. De plus, l'influence de la densité de ces forêts sur leur composition, ainsi que l'influence de l'utilisation historique sur sa densité n'ont pas pu être étudiées.

4.3 Critique des sources

4.3.1 Les plans d'aménagement forestier analysés

Les plans d'aménagement forestier font partie des documents les plus importants dans le domaine forestier servant à la planification. Ces plans sont en général réalisés par les ingénieurs forestiers engagés par le service forestier cantonal et sont renouvelés régulièrement au cours des années suivantes. Cette obligation de documenter et de planifier découle d'une loi cantonale édictée en 1873 qui prévoyait la rédaction de ces plans dans les 20 prochaines années (Kempf, 1985).

Le but de la critique de cette source est d'évaluer sa valeur, bien que ces documents soient considérés comme officiels. En effet, la critique de sources demande de replacer chaque source dans son contexte de transmission, son contexte historique et son contexte fonctionnel. De plus, les informations contenues dans ces sources devraient généralement pouvoir être comparées à celles qui sont extraites d'autres sources, afin d'être confirmées (Bürgi et al., 2011).

Tout d'abord, en ce qui concerne le contexte de transmission, les plans d'aménagement consultés sont les originaux conservés dans les bibliothèques des archives ou des services forestiers du canton du Valais. Ces documents ont été écrits à la main ou à la machine à écrire pour la plupart et devaient donc être d'une grande importance à l'époque, suite aux nombreuses heures de travail nécessaires pour les réaliser. Il existe des copies qui ont pu être retrouvées à de rares occasions, mais celles-ci ont aussi été recopiées à la main ou à la machine à écrire. De plus, chaque plan d'aménagement forestier a dû être approuvé par l'organe politique responsable des forêts et en fonction au moment de la promulgation du plan. Cependant, certains plans retrouvés étaient inutilisables, car des éléments importants manquaient. Les causes de l'endommagement de ces plans restent pour le moment inconnues. Pour finir, certains plans n'ont jamais été retrouvés, bien qu'il existe une référence de leur existence dans la littérature, ce qui laisse à penser que l'on n'a pas toujours accordé les mêmes priorités à la conservation et à l'archivage de ces documents.

Le contexte historique est différent suivant la période pendant laquelle le plan d'aménagement a été édité. Comme il y a plusieurs périodes, il y a aussi plusieurs contextes qui sont décrits dans Kempf et al. (1982). La période entre 1850 et 1913 est marquée par la mise en place de la législation forestière cantonale et de son application par l'organisation d'un service forestier. C'est dans cette période d'ailleurs que l'on trouve les premiers plans

d'aménagement forestier qui sont groupés dans la catégorie « avant 1900 » de ce travail. La période qui débute par la première guerre mondiale (1913-1938) et qui contient le groupe de plans « vers 1940 » est influencée par la suppression des forêts paturagées, le rachat des servitudes et la réglementation de l'utilisation de la litière. Les plans du groupe « après 1940 » datent de la période entre 1939 et 1949, empreinte des mesures mises en place suite à la deuxième guerre mondiale. Enfin, l'ère moderne (1950-1980) et ses plans du groupe « après 1970 » est marquée par les mêmes conflits d'intérêt portés sur la forêt connus à ce jour (Kempf et al., 1982). Pour finir, il faut aussi prendre en considération que le savoir et son application ont évolué avec le temps, ce qui influence beaucoup les informations contenues dans ces plans. Malheureusement, trop peu d'indications sur les méthodes utilisées pour ces plans sont données et il est difficile de pouvoir en estimer la valeur. En effet, il est impossible de savoir, quelles sont les méthodes qui ont été utilisées pour effectuer les mesures sur le terrain ou s'il s'agit simplement d'estimations oculaires.

Pour le contexte fonctionnel, le but de ces plans était principalement de donner un aperçu général de la situation, de planifier les utilisations et les régulations futures de ces forêts, tout en ayant un contrôle des coupes effectuées. Cependant, il est légitime de se demander quels intérêts servaient ces plans d'aménagement ? Une remarque concernant en particulier cette question a d'ailleurs été trouvée dans le travail de Kempf et al. (1982). Celle-ci précise que les informations au sujet de l'utilisation de la litière et du parcours du bétail dans les forêts sont à prendre avec précaution. En effet, les plans ont été édictés à ce moment-là, afin d'éliminer ces traditions qui exaspéraient le personnel du service forestier de l'époque. Ainsi, le nombre de mentions de l'utilisation de la litière ou du parcours du bétail ne représente pas forcément la réalité, car elles auraient été exagérées (Kempf et al., 1982). Cela démontre donc que la forêt suscitait bien des divergences d'intérêts, surtout par le passé, lorsque la valeur du bois était encore importante, et que celles-ci se reflètent également dans les plans d'aménagement forestier. Enfin, il faut savoir que les informations de ces plans peuvent aussi découler des estimations de la personne chargée de rédiger ces plans. Cela rend ces estimations moins fiables, car elles émanent d'une seule personne, bien qu'experte dans son domaine, et n'ont pas été confrontées à l'avis d'autres personnes

En conclusion, ces documents présentent des informations comme l'état des forêts qui sont d'une très grande valeur pour les analyses effectuées dans les travaux de recherches comme celui-ci. Cependant, le fait qu'un seul point de vue soit représenté et qu'il n'est pas possible de le confronter à d'autres sources, relativise un peu la valeur de certaines informations, comme celles qui concernent les utilisations traditionnelles.

4.3.2 Les images analysées

Bien que l'on pourrait croire qu'une image montre la réalité, cette source nécessite également un travail de critique qui est basé sur les trois mêmes règles appliquées aux sources écrites.

Tout d'abord, le contexte de transmission des images semble être très large, car elles sont de provenances diverses. Cependant, toutes les sources d'où sont issues ces images leur confèrent un caractère de type « ancien » et par conséquent une certaine valeur culturelle, voire sentimentale dans certain cas. Il est donc important de conserver et de transmettre ces images pour l'intérêt public. Toutefois, cette valeur est contrastée par la faible valeur marchande pour la plupart de ces images.

Ensuite, afin de juger le contexte historique, il faut replacer les images dans leur époque respective entre 1900 et 1950, ce qui nous oblige aussi à reconsidérer l'évolution de la photographie. En effet, les images plus anciennes ont probablement aussi plus de valeur, car le peu de moyens techniques à l'époque devaient être plus chers. Ensuite, les images sont représentatives dans une certaine limite du contexte de l'époque. Les paysages pour ce travail sont relativement neutres, car les mises en scènes et autres éléments extérieurs liés à l'interprétation sont très limités. Enfin, aucun jugement de valeur ou information biaisée ne sont contenus dans la description des images, à une exception près, ce qui restreint également les influences sur la lecture de l'image. Ainsi, la valeur de ces images pour leur information sur la situation à une certaine époque est relativement importante et de bonne qualité.

Pour finir, l'évaluation des intérêts lors de la réalisation des images nous permet de juger leur contexte fonctionnel. Une partie des clichés a été réalisée par des photographes privés représentant divers intérêts, ce qui rend l'évaluation difficile. Cependant, les cartes postales et les photos aériennes, par exemple, ont été produites par des professionnels (anonymes). Ceux-ci travaillaient pour une maison d'édition ou une compagnie aérienne et avaient un objectif bien défini, comme la beauté du paysage, par exemple. L'éventualité que des images aient été retouchées à cette époque, afin de servir les intérêts de ces professionnels reste faible. En effet, les moyens techniques étaient limités et les coûts relativement hauts. Il se pourrait quand même que des travaux de recadrage esthétique aient été réalisés pour certaines cartes postales. D'autre part, les techniques et le matériel utilisés lors de la prise de vue restent inconnus. Il est donc impossible de reconstruire la méthodologie pour la réalisation de ces clichés et par conséquent, il est impossible d'en estimer le but précis.

En conclusion, le travail de critique de cette source semble démontrer que les informations qui sont fournies grâce à ces images sont importantes et de très bonne qualité.

4.4 Critique des méthodes

4.4.1 L'analyse de l'aspect visuel de densité des images

La méthode liée à l'analyse de l'aspect visuel de la densité des peuplements de pins sylvestres présente dans ce travail de multiples lacunes décrites ci-dessous. Toutefois, ces défauts sont autant d'améliorations possibles pour les explorations futures dans ce domaine de recherche.

- Diversités des types d'images utilisées

Tout d'abord, les images analysées sont de différents types, ce qui a très probablement compliqué les analyses, car le matériel n'était pas homogène. En effet, la sélection d'images comportait des cartes postales, des images aériennes, des photographies tirées d'un livre de souvenir et bien d'autres encore. Ces différences impliquent des inégalités notamment au niveau de l'aspect général de l'image, de sa qualité, de sa résolution ou encore des conditions météorologiques et de la méthodologie lors de la prise de vue.

- Différences d'angle liées à la diversité des images

La diversité du type des images implique aussi une grande différence dans les angles formés entre la pente d'une montagne contenant des peuplements forestiers analysés et la ligne formée entre l'objectif de la caméra et le même peuplement. En effet, deux catégories d'images ont été observées : les images dites « aériennes », où la caméra se situe au-dessus de la forêt observée et les images « au sol », où la caméra est située en dessous de la forêt. De plus, des différences d'angles ont été observées au sein même de ces deux catégories, car aucune limitation de méthodologie liée à la prise d'image n'a été prise en compte lors de la recherche d'images. Ces différences d'angles impliquent donc également des différences lors des analyses réalisées, même si elles restent difficiles à évaluer dans le cas présent.

- Différences de distance liées à la diversité des images

Les différents types d'images ont pour conséquence différentes distances entre l'objectif de la caméra et les forêts observées. Par conséquent, l'aspect visuel des peuplements, c'est-à-dire la taille et en particulier la structure des arbres, n'est pas homogène pour toutes les analyses. En effet, la proximité permet de distinguer chaque arbre individuellement, mais cette image engendre également un plus grand nombre d'effets liés à l'ombre et à la lumière. En revanche, les images de forêts prises au loin ne permettent pas de distinguer chaque arbre et les effets de

structure du massif forestier sont atténués avec la distance, rendant les différences de contraste moins importantes. Ainsi, il est très probable que ces différences aient également mené à des divergences dans les résultats des analyses.

- Images de mauvaise qualité et de basse résolution

La différence de qualité et de résolution observée pour chaque image a été un paramètre qui a beaucoup entravé la bonne marche des analyses. En effet, il fut difficile d'obtenir des images de bonne qualité et à haute résolution, malgré tous les efforts déployés lors des recherches et des commandes, ainsi que lors de la numérisation ou de l'impression de celles-ci. Ces images de piètre qualité ont dans un premier temps rendu difficiles les différentes étapes du travail, comme la géolocalisation avec le programme informatique « WSL Monoplotting Tool » par exemple. De plus, il est très probable que les résultats obtenus à la suite de certaines analyses auraient pu en subir les conséquences également.

- Différences des conditions météorologiques

Les conditions météorologiques, tout particulièrement la luminosité lors de la prise de vue, influencent beaucoup les analyses des images de ce travail. En effet, l'heure à laquelle l'image a été prise et la couverture nuageuse ont tous deux un impact non négligeable sur le résultat des analyses. Cependant, il est presque impossible d'obtenir des images homogènes en ce qui concerne les conditions météorologiques, tant la méthodologie lors de la prise de vue diffère en tout point. En revanche, il a été plus facile de limiter les analyses à des images ne contenant pas, ou très peu, de neige afin d'éliminer tout impact négatif sur la répartition des couleurs dû à ce phénomène naturel.

- Amélioration

Une solution à la plupart des problèmes cités plus haut aurait été sans doute de limiter le choix à un seul type d'image ou à une seule série d'images afin d'assurer une méthodologie de prises de vue identique. Cependant, cela aurait relativement restreint le choix d'images déjà limités par beaucoup de critères de sélection et ce malgré des recherches très larges effectuées parmi une multitude de ressources possibles. Par conséquent, le nombre d'analyses possibles aurait aussi diminué de manière drastique les résultats de ce travail.

Une alternative qui a été étudiée pour ce travail aurait été de choisir uniquement des images aériennes orthorectifiées de l'Office fédéral de topographie Swisstopo. Ces images ont l'avantage d'avoir été prises avec une méthodologie similaire et de façon perpendiculaire par

rapport au sol, ce qui élimine toute différence d'angle, qui est un autre problème rencontré lors des analyses. Cependant, cette série d'images aériennes orthorectifiées ne remonte que jusqu'aux années 50, ce qui est insuffisant pour ce travail, qui nécessite des images datant du début du 20^{ème} siècle. De plus, les coûts liés à ces images sont relativement importants.

Une dernière piste aurait été de travailler uniquement avec des images de très haute qualité. Cependant, il est difficile d'estimer si des images de meilleure qualité et de haute résolution auraient apporté de meilleurs résultats en ce qui concerne les corrélations espérées. De plus, ceci aurait augmenté le budget de ce travail de façon considérable sans pour autant garantir que les images obtenues soient de meilleure qualité, car un service onéreux n'est pas toujours synonyme de bonne qualité. Enfin, il faut reconnaître une certaine limite dans la qualité des images anciennes, qui ne peut pas toujours être la meilleure pour différentes raisons. En effet, les techniques de la photographie étaient limitées à l'époque et les conditions de conservation des photographies à travers le temps ont souvent porté préjudice à la qualité des images.

Enfin, l'aire de la numérisation rend chaque jour vie à d'anciennes images qui ne sont pas accessibles pour différentes raisons. Mais ce procédé prend beaucoup de temps et il est impossible d'attendre pour être sûr d'avoir toutes les images nécessaires à notre disposition. Cependant, il est toujours probable que de nouvelles images adéquates pour ce travail deviennent disponibles avec le temps.

4.4.2 La comparaison des données des plans d'aménagement forestier

La méthode liée à la comparaison des données des plans d'aménagement forestier comporte différents points qui peuvent être soumis à des critiques et améliorée pour les futurs travaux dans le même domaine de ce projet.

- Sélection des peuplements forestiers numérisés

Pour limiter le travail lié à la numérisation des données extraites des plans d'aménagement forestier, seules les parcelles contenant au moins 10% de proportion de pins sylvestres ont été numérisées sur le programme ArcGIS® développé par Esri. La quantité d'information est donc considérablement réduite au minimum nécessaire, ce qui pourrait induire des pertes relativement importantes de données. En effet, l'analyse de l'évolution des forêts de pins sylvestres, par exemple, démontre qu'une partie de ces forêts disparaît au cours du temps.

Mais cette analyse serait incomplète si l'on considérait que plus d'informations démontreraient peut-être un nombre de disparitions de forêts plus ou moins élevées.

- Imprécisions et différences de méthodologie lors des relevés des données

Une relative disparité des données des plans d'aménagement forestier a été observée lors des comparaisons. En effet, les informations des peuplements du groupe « avant 1900 » présentent une importante disparité par rapport aux informations des groupes « vers 1940 » et « après 1970 » de ces mêmes peuplements. De plus, il faut considérer le fait que les méthodes de relever n'ont pas été les mêmes pour tous les plans d'aménagement forestier. Par exemple, la limite inférieure des arbres relevés qui donnent plus tard le nombre du matériel sur pied n'est pas nécessairement 12 cm de diamètre à hauteur de poitrine, ce qui pourrait aussi influencer les résultats des recherches. Un autre exemple: le plan d'aménagement de la bourgeoisie de Sierre en 1987 précise que le passage à la futaie est situé dès 10 cm de diamètre à hauteur de poitrine, alors que la limite en 1935 était située à 16 cm. Cependant, les conséquences de ces inégalités demeurent impossibles à évaluer.

- Plans manquants et incomplets

Malheureusement, un certain nombre de plans d'aménagement forestier sont restés introuvables, ce qui rend les recherches incomplètes quand bien même un grand nombre de plans aient été retrouvés. De plus, un nombre de plans d'aménagement forestier sont incomplets, car il manque des éléments importants, comme la carte de situation géographique. Cela rend malheureusement le reste des données inutilisables et il serait très exigeant de rechercher les cartes de situation géographique correspondantes.

5. Conclusion

Aucun lien entre l'aspect visuel de la densité des peuplements de pins sylvestres et les données des plans d'aménagement forestier n'a pu être trouvé. Il est donc impossible d'évaluer l'influence de la densité ou des utilisations traditionnelles sur les caractéristiques d'une forêt de pins sylvestres. Par conséquent, on ne peut confirmer que les forêts étaient moins denses à l'époque et qu'elles l'étaient à cause de leur utilisation plus intensive.

L'analyse des données des plans d'aménagement forestier pour les forêts de pins sylvestres entre 1900 et 1970 démontre que les proportions de pins sylvestres baissent légèrement alors que leur volume augmente. Elle indique aussi que seul 60% des forêts de pins sylvestres en 1900 ont survécu jusqu'en 1970, notamment grâce à la combinaison de l'utilisation de la litière et du parcours du bétail. Cependant, des apparitions de nouvelles forêts de pins sylvestres ont aussi été observées, mais ce phénomène n'a pas été analysé plus loin. Enfin, ces analyses représentent environ 14% des surfaces de forêts de pins sylvestres contenues dans le périmètre de recherche de ce travail.

D'après le travail de critique, les sources qui ont été utilisées de manière générale pour cette étude sont considérées comme étant de bonne qualité. Cependant, de nombreux problèmes constatés dans les méthodes doivent encore être résolus. En effet, une seule série ou un type d'images permettrait d'assurer une méthodologie similaire, mais cela réduirait considérablement le choix des images et par conséquent le nombre de résultats. De plus, des images de meilleure facture pourraient résoudre les problèmes liés à la faible résolution et à la qualité des images, mais cela augmenterait fortement le budget sans pour autant garantir de meilleurs résultats.

Dans le futur, une alternative serait certainement d'appliquer tout d'abord les méthodes de ce travail à des images et à des données modernes, qui sont de meilleure qualité, afin de s'assurer de la faisabilité de ce procédé. De plus, une alternative intéressante serait d'appliquer les méthodes de ce travail à une série d'images aériennes orthorectifiées de l'Office fédéral de topographie Swisstopo, si le budget le permettait.

Enfin, des recherches supplémentaires sont nécessaires quant à la notion de l'aspect visuel de la densité. En effet, une étude démontre que même les nouvelles technologies, comme le lidar, nécessitent encore des améliorations afin d'obtenir des estimations correctes de la densité d'un peuplement forestier (Hall et al., 2005). De plus, le phénomène de l'apparition de nouvelles forêts de pins sylvestres reste un point ouvert qui n'a pu être approfondi dans ce travail.

6. Références

- 1 Bibliothèque nationale suisse, Page web de la collection graphique. [WWW document] http://www.nb.admin.ch/sammlungen/graphische_sammlung/
- 2 Bigler, C., Braker, O. U., Bugmann, H., Dobbertin, M. and Rigling, A. (2006). Drought as an inciting mortality factor in Scots pine stands of the Valais, Switzerland. *Ecosystems*, 9(3), 330-343.
- 3 Bozzini, C., Krebs, P. and Conedera, M. (unpublished). Ein neues Tool zur Georeferenzierung und Orthorektifizierung von terrestrischen Schrägbildern. Bellinzona, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Forschungsgruppe Insubrische Ökosysteme.
- 4 Bürgi, M. and Gimmi, U. (2011). Script du cours "Land Use History and Historical Ecology" (non publié). ETHZ.
- 5 Crans Montana (2012). Des origines d'une région autarcique au développement d'une ville touristique à la montagne. Crans Montana, Service de l'administration. 13
- 6 Delcampe, Page web. [WWW document] <http://www.delcampe.net>
- 7 Ebay, Page web. [WWW document] <http://www.ebay.ch/>
- 8 Fédération des Bourgeoisie Valaisannes, Page web. [WWW document] http://www.fbvs.ch/index.php?option=com_content&task=view&id=18&Itemid=33
- 9 Gimmi, U. (2006). History of anthropogenic disturbances in the pine forest belt of the Swiss Rhone valley (Valais). Swiss Federal Institute of Technology, Zürich.
- 10 Gimmi, U., Burgi, M. and Stuber, M. (2008). Reconstructing anthropogenic disturbance regimes in forest ecosystems: A case study from the Swiss Rhone Valley. *Ecosystems*, 11(1), 113-124.
- 11 Gimmi, U., Wohlgemuth, T., Rigling, A., Hoffmann, C. and Bürgi, M. (2010). Land-use and climate change effects in forest compositional trajectories in a dry Central-Alpine valley. *Annals of Forest Science*, 67(7), 701-701.
- 12 Hall, S. A., Burke, I. C., Box, D. O., Kaufmann, M. R. and Stoker, J. M. (2005). Estimating stand structure using discrete-return lidar: an example from low density, fire prone ponderosa pine forests. *Forest Ecology and Management*, 208, 189-209.
- 13 Kempf, A. (1985). Waldveränderungen als Kulturlandschaftswandel - Walliser Rhonetal. Fallstudien zur Persistenz und Dynamik des Waldes zwischen Brig und Martigny seit 1873. Basel Beiträge zur Geographie, Heft 31.
- 14 Kempf, A. and Scherrer, H. U. (1982). Forstgeschichtliche Notizen zum Walliser Wald. Literatur - und Quellenbericht über das Rhonetal zwischen Brig und Martigny seit 1800. Berichte der Eidgenössischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen, 243. Birmensdorf: Eidgenössische Anstalt für das forstliche Versuchswesen.

-
- 15 Médiatèque Valais, Page web. [WWW document] <http://www.mediatheque.ch>
 - 16 Meichtry, W. (2002). Leuk : Leukerbad, Inden, Albinen, Susten, Varen, Salgesch
Erinnern Sie sich, 12. Visp: Rotten Verlag.
 - 17 Rautalin, M., Uusitalo, J. and Pukkala, T. (2001). Estimation of tree stand
characteristics through computer visualisation. *Landscape and Urban Planning*,
53(14), 85-94.
 - 18 Rebetez, M. and Dobbertin, M. (2004). Climate change may already threaten Scots
pine stands in the Swiss Alps. *Theoretical and Applied Climatology*, 79(1-2), 1-9.
 - 19 Reineke, L. H. (1933). Perfecting a stand-density index for even-aged forest. *Journal
of Agricultural Research*, 46, 627-638.
 - 20 Rigling, A., Dobbertin, M., Bürgi, M., Gimmi, U., Graf Pannatier, E., Gugerli, F. et al.
(2006). Verdrängen Flaumeichen die Walliser Waldföhren? *Merkblatt für die Praxis*,
41.
 - 21 Service des Archives cantonales, Page web. [WWW document]
<http://www.vs.ch/Navig/navig.asp?MenuID=20179&Language=fr>
 - 22 Stiftung Historisches Erbe der SBB, Page web. [WWW document]
<http://www.sbbhistoric.ch>
 - 23 Weber, P., Bugmann, H. and Rigling, A. (2007). Radial growth responses to drought
of *Pinus sylvestris* and *Quercus pubescens* in an inner-Alpine dry valley. *Journal of
Vegetation Science*, 18(6), 777-792.
 - 24 Werlen, C. (1994). Elaboration de la carte de végétation forestière du Valais.
Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 14, 607-617.
 - 25 Wissensportal ETH-Bibliothek, Page web. [WWW document]
<http://www.library.ethz.ch/>
 - 26 Zeide, B. (2005). How to measure stand density. *Trees*, 19, 1-14.

7. Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier mon superviseur, le PD Dr. Matthias Bürgi, pour ses bons conseils, sa grande disponibilité et son soutien sans faille. Un grand merci également au Dr. Thomas Wohlgemuth pour avoir complété la supervision en apportant un autre regard et de nouvelles idées intéressantes.

Je tiens à remercier aussi le Dr. Urs Gimmi pour ses explications concernant les données de sa thèse de Doctorat. Un merci particulièrement à tous les membres du groupe Landschaftsdynamik pour leur accueil chaleureux au sein de ce groupe. Enfin, merci à tous les collaborateurs du WSL à Birmensdorf, qui m'ont aidé lors de ce travail de Master.

Je voudrais également remercier Claudio Bozzini pour sa disponibilité et sa patience lors de l'introduction au programme « WSL Monoplotting Tool » et pour son aide lors des conversations téléphoniques, ainsi que tous les membres du WSL à Bellinzona que j'ai pu rencontrer lors de cette journée au Tessin.

Un grand merci aussi au personnel du service des forêts du canton du Valais à la centrale, aux arrondissements et aux triages pour leur disponibilité lors de mes journées de recherches. Merci aussi à toutes les personnes travaillant dans les archives, les bibliothèques et les médiathèques pour leur aide et leurs conseils.

Pour finir, mes remerciements vont à ma famille, mon amie et mes amis qui m'ont soutenu pour ce travail et qui ont été là pour moi tout au long de ces longues années d'études. Merci également à celles et ceux qui ont relu ce travail et qui m'ont aidé à le corriger.

Annexes

A Liste des plans d'aménagements forestiers (triés par communes)

Commune	Date	Type	Archivage	Pins	Remarque
Albinen	1888	provisoire	Arrdt. Brig	pins <10%	
Albinen	1929	définitif	Arrdt. Brig	pins <10%	
Albinen	1976	révision	Centrale Sion	pins <10%	Aussi à l'Arrdt. Brig
Arbaz	1884	provisoire	Arrdt. Sion	pins <10%	
Arbaz	1928-1929	définitif	Archives de l'Etat	pas de pins	CH AEV, AC Arbaz Suppl., SP 271 (non scané)
Ayent	1886	provisoire	Arrdt. Sion	pins	
Ayent	1932	définitif	Arrdt. Sion	carte illisible	Copie au WSL: carte illisible
Bramois*	1884	provisoire	Archives de l'Etat	pins <10%	AEV, 6935-1, 6 (non scané)
Bramois**	1935	définitif	Archives de l'Etat	pins	CH AEV, AB Bramois, R 17 (scané)
Bratsch	1902	provisoire	Arrdt. Brig	pins	Copie au WSL: complète
Bratsch	1932	définitif	Arrdt. Brig	pins	Copie au WSL: complète
Bratsch	1942	révision	Arrdt. Brig	pins	Copie au WSL: complète
Bratsch	1987	révision	Centrale Sion	pins	Aussi à l'Arrdt. Brig
Chalais	1932	définitif	-	-	Référence de la littérature: Kempf, 1985
Chalais	1876-1906	provisoire	Archives de l'Etat	carte illisible	AEV, 6935-1, 1 (non scané)
Chandolin	1959	définitif	Arrdt. Sion	pins	Aussi au triage forestier Val d'Anniviers
Chandolin	1992	moderne	Arrdt. Sion	pins	Aussi au triage forestier Val d'Anniviers
Chermignon	1931-1940	définitif	-	pins	Seulement au triage forestier Louable Contrée
Chippis	1885	provisoire	-	-	Référence de la littérature: Kempf, 1985
Eschmatt	1902	provisoire	Arrdt. Brig	pins	Copie au WSL: complète
Eschmatt	1923	définitif	Arrdt. Brig	pins	Copie au WSL: carte illisible, mais digitalisée
Eschmatt	1943	révision	Arrdt. Brig	pins	Copie au WSL: complète
Eschmatt	1987	moderne	Arrdt. Brig	pins	
Feschel	1889	provisoire	Arrdt. Brig	pins	Copie au WSL: complète
Feschel	1929	définitif	-	pins	Copie au WSL: complète
Feschel	1942	révision	Arrdt. Brig	pins	Copie au WSL: complète
Feschel	1974	moderne	Arrdt. Brig	-	pas de description des essences
Granges	?	définitif	-	-	Référence de la littérature: Kempf et al., 1982
Grimisuat	privé	définitif	-	-	Référence de la littérature: Kempf et al., 1982
Grône	1938	définitif	-	-	Référence de la littérature: Kempf, 1985
Grône	1876-1906	provisoire	Archives de l'Etat	pins <10%	AEV, 6935-1, 3 (non scané)
Guttet	1889	provisoire	Arrdt. Brig	pins	Copie au WSL: incomplète
Guttet	1929	définitif	-	pins	Copie au WSL: complète
Guttet	1941	révision	Arrdt. Brig	pins	Copie au WSL: complète
Guttet	1974	révision	Arrdt. Brig	-	pas de description des essences

Commune	Date	Type	Archivage	Pins	Remarque
Icogne	1981	révision	Centrale Sion	pins	
Icogne	1931-1940	définitif	Archives de l'Etat	carte illisible	AEV, 6935-1, 4 (non scané)
Icogne	1941-1950	révision	Arrdt. Sion	pins	Copie au WSL: incomplète
Inden	1888	provisoire	Arrdt. Brig	pins	Copie au WSL: complète
Inden	1928	définitif	Arrdt. Brig	pins	Copie au WSL: carte illisible, mais digitalisée
Inden	1941	révision	Arrdt. Brig	pins	Copie au WSL: complète
Inden	1972	moderne	Arrdt. Brig	pas de pins	
Lens***	1925-1935	définitif	Archives de l'Etat	pins	AEV, 6935-1, 5 (scané)
Les Agettes	1888	provisoire	Arrdt. Sion	pins	
Les Agettes	1928	définitif	Arrdt. Sion	pins	
Les Agettes	1956	révision	Arrdt. Sion	pins	
Les Isérables	1895	provisoire	Arrdt. Sion	pas de pins	
Leuk	1888	provisoire	Arrdt. Brig	pins	Copie au WSL: complète
Leuk	1936	définitif	Arrdt. Brig	pins	Copie au WSL: carte illisible, mais digitalisée
Leuk	1975	révision	Centrale Sion	pins	
Leuk	1985	moderne	Centrale Sion	pins	
Leuk	1981, 1982	moderne	Arrdt. Brig	pins	
Mase	1883-1915	provisoire	Archives de l'Etat	pas de pins	6935-1 dépôtE32, 16 (non scané)
Mase	1928-1964	définitif	Archives de l'Etat	pas de carte	CH AEV, AC Mase, 2011/20, R 4 (non scané)
Miège	1930	définitif	Archives de l'Etat	pins	CH AEV, Sierre Contrée suppl. 2, 21 (scané)
Miège	1891-1892	provisoire	Archives de l'Etat	peu de pins	CH AEV, Sierre Contrée suppl. 2, 14 (non scané)
Mollens	1891-1892	provisoire	Archives de l'Etat	pins <10%	CH AEV, Sierre Contrée suppl. 2, 11 (non scané)
Mollens	1930-1939	définitif	Archives de l'Etat	pas de carte	AEV, 6935-1, 7 (non scané)
Mollens	1941-1942	définitif	Archives de l'Etat	pins	CH AEV, Sierre Contrée suppl. 2, 23 (scané)
Montana	1927-1937	définitif	-	pins	Seulement au triage forestier Louable Contrée
Nax	1983	moderne	Centrale Sion	-	pas de données
Nax	1883-1915	provisoire	Archives de l'Etat	pins	6935-1 dépôtE32, 17 (scané)
Nax	1928-1929	définitif	Archives de l'Etat	carte illisible	CH AEV, AC Nax, R 37 (non scané)
Randogne	1930	définitif	Archives de l'Etat	pins <10%	CH AEV, Sierre Contrée suppl. 2, 22 (non scané)
<i>Randogne</i>	<i>1961</i>	<i>révision</i>	-	-	<i>Référence de la littérature: Kempf et al., 1982</i>
Randogne	1882-1906	provisoire	Archives de l'Etat	carte illisible	AEV, 6935-1, 9 (non scané)
Randogne	1891-1892	provisoire	Archives de l'Etat	pas de carte	CH AEV, Sierre Contrée suppl. 2, 10 (non scané)
Salgesch	1888	provisoire	Arrdt. Brig	pins	Copie au WSL: complète
Salgesch	1932	définitif	Arrdt. Brig	pins	Copie au WSL: complète
Salgesch	1982	révision	Centrale Sion	pins	Salgesch : Pfyberg und Pfyrboden
Salgesch	1972,1973	révision	Arrdt. Brig	pins	Salgesch : oberer Wald

Commune	Date	Type	Archivage	Pins	Remarque
Salins	1888	provisoire	Arrdt. Sion	pas de pins	
Salins	1930	définitif	Arrdt. Sion	pas de pins	
Salins	1981-1986	moderne	Arrdt. Sion	pas de pins	
Savièse	1886	provisoire	Arrdt. Sion	pins <10%	
Savièse	1931	définitif	Arrdt. Sion	pins <10%	
Savièse	1959	définitif	Arrdt. Sion	hors périmètre	
Savièse	1979	moderne	Arrdt. Sion	hors périmètre	
Sierre	1935	définitif	Bourgeoisie Sierre	pins <10%	Copie au WSL: complète
Sierre	1987	moderne	Centrale Sion	pas de carte	numérotation des parcelles différente
Sierre	1875-1907	provisoire	Archives de l'Etat	pins	AEV, 6935-1, 12 (scané)
Sierre	1884-1888	provisoire	Archives de l'Etat	pas de carte	CH AEV, AB Sierre suppl. 1, 36 (non scané)
<i>Sierre, Contrée</i>	<i>1930</i>	<i>définitif</i>	-	-	<i>Référence de la littérature: Kempf, 1985</i>
Sierre, Contrée	1979	révision	Arrdt. Sion	pins	
Sierre, Contrée	1891-1892	provisoire	Archives de l'Etat	pins	CH AEV, Sierre Contrée suppl. 2, 9 (scané)
Sion	1884	provisoire	Arrdt. Sion	carte illisible	
Sion	1928	définitif	Arrdt. Sion	carte illisible	Copie au WSL: incomplète
Sion	1955	révision	Arrdt. Sion	carte illisible	
<i>St-Léonard</i>	<i>1930</i>	<i>définitif</i>	-	-	<i>Référence de la littérature: Kempf, 1985</i>
St-Luc (Niouc)	1933	définitif	Arrdt. Sion	pins	Copie au WSL: incomplète
St-Luc (Niouc)	1971	définitif	Arrdt. Sion	pins	Aussi au triage forestier Val d'Anniviers
St-Luc (Niouc)	1902-1971	définitif	Archives de l'Etat	peu de pins	6934-1 nr 152 volume 45 (non scané)
Trois Sec.****	1925-1956	définitif	Archives de l'Etat	pas d'essences	AEV, 6935-1, 13 (non scané)
Varen	1888	provisoire	Arrdt. Brig	pins	Copie au WSL: complète
Varen	1931	définitif	Arrdt. Brig	pins	Copie au WSL: complète
Varen	1942	révision	Arrdt. Brig	pins	Copie au WSL: complète
Varen	1973	moderne	Arrdt. Brig	pins	
Venthône	1930	définitif	Archives de l'Etat	pins	CH AEV, Sierre Contrée suppl. 2, 20 (scané)
Venthône	1882-1906	provisoire	Archives de l'Etat	pins	6935-1 dépôtE32, 14 (scané)
Venthône	1891-1892	provisoire	Archives de l'Etat	peu de pins	CH AEV, Sierre Contrée suppl. 2, 12 (non scané)
Vernamiège	1965	révision	Centrale Sion	pas de pins	
Vex	1886	provisoire	Arrdt. Sion	pins	
Vex	1941	définitif	Arrdt. Sion	pins	
Veyras	1891-1892	provisoire	Archives de l'Etat	peu de pins	CH AEV, Sierre Contrée suppl. 2, 13 (non scané)
Veyras	1929-1939	définitif	Archives de l'Etat	pins	CH AEV, AB Veyras, R 10 (scané)
Veyraz	1882-1906	provisoire	Archives de l'Etat	pins	6935-1 dépôtE32, 15 (scané)
Veysonnaz	1934	définitif	Arrdt. Sion	pas de pins	Aussi au triage forestier Ecoforêt

Symbolique : les plans utilisés pour ce travail sont en gris, les plans inutilisables en blanc et les plans non retrouvés en italique

Archivage (dans l'ordre de priorité) : Archives de l'Etat à Sion, Centre du service forestier à Sion, Arrondissement à Sion et à Brig, Triages forestiers, Bourgeoisie Sierre

- * Aussi à l'arrondissement à Sion ainsi qu'une copie au WSL (copie complète)
- ** Aussi à l'arrondissement à Sion ainsi qu'une copie au WSL (copie incomplète)
- *** Aussi archivé au triage forestier Louable Contrée
- **** Trois sections = Lens, Chermignon et Icoigne

B Liste des images sélectionnées (triées par source)



Leuk 1922, © ETH-Bibliothek Zürich, Bildarchiv



Rhonental - gegen 1920a, © Bibliothèque nationale suisse



Rhonental - gegen 1920b, © Bibliothèque nationale suisse



Rhonental - vor 1920, © Bibliothèque nationale suisse



Rhonental mit Leuk VS (ca 1925), © Bibliothèque nationale suisse



Sierre et Chippis, 1934, © ETH-Bibliothek Zürich, Bildarchiv



Sierre und Chippis (ca 1925), © Bibliothèque nationale suisse



Sierre, Vue générale et le Rothorn, © ETH-Bibliothek Zürich, Bildarchiv



Sierre, Vue générale et le Rothorn, © ETH-Bibliothek Zürich, Bildarchiv



Sitten (ca 1949), © Bibliothèque nationale suisse



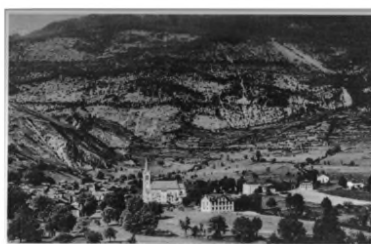
Von Montana - gegen 1930, © Bibliothèque nationale suisse



Wiedehorn - vor 1920, © Bibliothèque nationale suisse



Salgesch anfangs 1900, © Meichtry W. 2002, Rotten Verlag - Visp



Salgesch im späten 19. Jahrhundert, © Meichtry W. 2002, Rotten Verlag - Visp



Sierra & Montana, Vus de la route de Vissoie, Panorama, www.ebay.ch



Sierra 1902 extrait, www.delcampe.ch



Sierra Kl. Wallis, Berg Rothhorn (vers 1900?), www.ebay.ch



Sierra non daté, www.delcampe.ch



Sierra vers 1939, www.delcampe.ch



Sierra vers 1950-1970, © Treize Etoiles, Médiathèque Valais - Martigny



Sierra-et-alentours,-vus-de-Montana,-Ca-1920a, © Hyppolite Chappuis, Médiathèque Valais - Martigny



Sierra-et-alentours,-vus-de-Montana,-Ca-1920b, © Hyppolite Chappuis, Médiathèque Valais - Martigny



Sierra-et-alentours,-vus-de-Montana,-Ca-1920c, © Hyppolite Chappuis, Médiathèque Valais - Martigny



Susten 1941, © Meichtry W. 2002, Rotten Verlag - Visp



Susten 1949, © Meichtry W. 2002, Rotten Verlag - Visp



Susten 1955a, www.toni-summerrmatter.ch



Susten 1955b, www.toni-summerrmatter.ch



Susten 1962, © Meichtry W. 2002, Rotten Verlag - Visp



Susten im späten 19-Jahrhundert, © Meichtry W. 2002, Rotten Verlag - Visp



Susten in den 1930er Jahren, © Meichtry W. 2002, Rotten Verlag - Visp



Vallée du Rhône 1929, www.delcampe.ch



Vallée du Rhône avant 1926, www.delcampe.ch



Varen 1955, www.toni-summerrmatter.ch



Varen beginn 20. Jahrhundert, © Meichtry W. 2002, Rotten Verlag - Visp



Vue-depuis-Nax,-1945a, © Joseph Couchechin, Médiathèque Valais - Martigny



Vue-depuis-Nax,-1945b, © Joseph Couchechin, Médiathèque Valais - Martigny



Leuk 1922, © ETH-Bibliothek Zürich, Bildarchiv



Rhental - gegen 1920a, © Bibliothèque nationale suisse



Rhental - gegen 1920b, © Bibliothèque nationale suisse



Rhental - vor 1920, © Bibliothèque nationale suisse



Rhental mit Leuk VS (ca 1925), © Bibliothèque nationale suisse



Sierre et Chippis, 1934, © ETH-Bibliothek Zürich, Bildarchiv



Sierre und Chippis (ca 1925), © Bibliothèque nationale suisse



Sierre, Vue générale et le Rothorn, © ETH-Bibliothek Zürich, Bildarchiv



Sierre, Vue générale et le Rothorn, © ETH-Bibliothek Zürich, Bildarchiv



Sitten (ca 1949), © Bibliothèque nationale suisse



Von Montana - gegen 1930, © Bibliothèque nationale suisse



Wiedehorn - vor 1920, © Bibliothèque nationale suisse

C Liste du matériel contenu sur le CD en pièce jointe

1. Matériel brut

- Images sélectionnées pour les analyses
- Plans d'aménagement forestier
 - Liste Excel de tous les plans d'aménagement forestiers
 - Copie du plan d'aménagement forestier de la Bourgeoisie de Sierre (1935)
 - Copies des plans d'aménagement forestier des archives de l'Etat du Valais
 - Liste des plans d'aménagement forestier de la thèse du Dr. Urs Gimmi

2. Outils informatiques

- ArcGIS (données par groupe : avant 1900, vers 1940, après 1940 et après 1970)
 - Parcelles de toutes les forêts
 - Sélection de parcelles pour la géolocalisation (selon méthode 2.4.2)
 - Sélection de parcelles pour l'analyse de l'évolution (selon méthode 2.4.3)
- WSL Monoplotting Tool
 - Géolocalisation (fichier de géolocalisation et images extraites par source)
 - Polygones (parcelles de pins sylvestres pour la géolocalisation en format .txt)

3. Résultats

- Analyses des images de parcelles (classées par source)
 - Images finales analysées (après traitement informatique)
 - Résultats des analyses de couleurs (fichier « Excel » par source)
- Analyses des données des plans
 - Analyse des proportions et du volume
 - Données brutes pour l'analyse de l'évolution
 - Codage de l'utilisation traditionnelle pour l'analyse de l'évolution
 - Tableau des résultats de l'analyse de l'évolution des forêts de pins sylvestres