

LES HERBIERS CANTONAUX DES CHENES INDIGÈNES EN SUISSE

Avant-propos



Pour beaucoup de personnes, la réalisation d'herbiers est liée à l'image surannée du botaniste parcourant inlassablement la nature, boîte d'herborisation en bandoulière, pour finalement entasser des piles de planches d'herbier dans une cave poussiéreuse...

Pourtant, depuis quatre décennies, des dizaines de forestiers et intéressés de tous ordres se sont investis et s'investissent encore pour collecter et analyser des milliers de feuilles de chêne appartenant aux espèces indigènes en Suisse ! Tout cela pour améliorer notre connaissance du monde fascinant des chênes. Il faut reconnaître que la ressemblance des feuilles au sein de ce groupe déconcerte, avec en sus la gageure de détecter des formes intermédiaires résultant de leurs capacités d'hybridation. Si cette aventure continue sur la base d'une clé de détermination très formalisée et de techniques d'analyse modernes, c'est qu'elle accompagne un défi d'envergure posé aux gestionnaires forestiers : faire preuve de proactivité face aux changements climatiques. L'exceptionnelle diversité génétique des chênes leur donne en effet d'indéniables atouts d'adaptation à favoriser dans la pratique journalière. Encore convient-il de maîtriser la connaissance des paramètres environnementaux favorables à chaque espèce de chêne...

Mai 2021

Denis Horisberger, ingénieur forestier EPFZ
Chemin de La Faille 12, CH-1423 Villars-Burquin
Courriel denis.horisberger@bluewin.ch



Résumé

La multiplication d'herbiers construits en respectant les entités cantonales répond à l'objectif d'intégrer les paramètres environnementaux, historiques et culturels très divers qui imprègnent la gestion forestière à travers la Suisse. L'implication engagée des acteurs de cette gestion a permis la constitution d'herbiers cantonaux possédant chacun une originalité incomplètement documentée ailleurs. Les découvrir sous forme de présentations très factuelles est l'objectif de ce dossier, avec l'espoir que l'aventure continue...

Note

Les documents relatifs à ce dossier, prévu évolutif pour intégrer l'amélioration des connaissances et des outils de travail, sont disponibles sur le site www.proquercus.org

LES HERBIERS CANTONAUX DES CHÊNES INDIGÈNES EN SUISSE

Table des matières

1. Introduction

2. L'herbier des chênes du canton de Vaud

- 21. Contexte
- 22. Récolte du matériel d'herbier
- 23. Répartition des espèces de chêne
- 24. Groupements végétaux
- 25. Groupes stationnels de mêmes affinités écologiques
- 26. Essences accompagnantes
- 27. Etat de renouvellement des chênes
- 28. Remerciements

3. L'herbier des chênes du canton du Valais

- 31. Contexte
- 32. Récolte du matériel d'herbier
- 33. Milieux naturels
- 34. Panorama des particularités régionales des populations de chêne
- 35. Cohabitation hors norme des espèces de chêne
- 36. Remerciements

4. L'herbier des chênes du canton de Genève

- 41. Contexte
- 42. Récolte du matériel d'herbier
- 43. Milieux naturels
- 44. Répartition et spécificités des types de population de chêne
- 45. Remerciements

5. L'herbier des chênes du canton de Schaffhouse

- 51. Contexte
- 52. Récolte du matériel d'herbier
- 53. Milieux naturels
- 54. Répartition et spécificités des types de population de chêne
- 55. Remerciements

6. Perspectives d'un avenir immédiat

7. Conclusion

Références

1. Introduction

L'histoire attribue l'invention des herbiers à un médecin botaniste de Bologne, Luca Ghini (1490-1556), un passionné de l'enseignement de l'observation des plantes (Findlen 2017). Depuis lors, des botanistes ont accumulé sans relâche des échantillons de végétaux enrichissant la connaissance du patrimoine naturel. Loin de ralentir le rythme de cette quête de spécimens variés de même espèce, les progrès technologiques provoquent au contraire une multiplication des récoltes pour alimenter des banques de données permettant d'explorer le fonctionnement du vivant, in fine pour contribuer à gérer durablement le patrimoine végétal.

Dans notre conscience collective, aucune autre essence forestière n'a laissé de traces aussi significatives que le chêne, probablement parce qu'il est depuis des millénaires un végétal pourvoyeur de produits liés à la survie des populations (Bonfils & al. 2005). Pourtant, en raison de la grande diversité morphologique des feuilles de chêne, les gestionnaires forestiers de terrain peinent aujourd'hui encore à distinguer les espèces et intégrer leurs aptitudes écologiques.

Grâce à l'appui d'autorités forestières cantonales et fédérales conscientes des atouts adaptatifs du chêne en période de changements climatiques, la possibilité a été offerte de multiplier la constitution d'herbiers cantonaux sous l'égide de l'association proQuercus, organisme se consacrant à la promotion du chêne en Suisse (www.proquercus.org). Débutée en 1990, la constitution de ces herbiers constitue la base fondamentale du développement d'une clé de détermination des chênes, un outil de travail normalisé valable pour une aire géographique bien délimitée, en l'occurrence celle située en Suisse au nord de l'Arc alpin et en Valais (Horisberger 2021a). Caractérisé par des influences environnementales et humaines typées, chaque herbier cantonal a enrichi nos connaissances par une contribution originale. Pour valoriser scientifiquement ce patrimoine dans des conditions de conservation reconnues à la pointe du progrès, l'ensemble des herbiers est déposé en un seul lieu, soit au Musée botanique cantonal de Lausanne, lequel, par convention avec chaque canton, est en charge de sa gestion.

2. L'herbier des chênes du canton de Vaud (16730 feuilles, 5600 rameaux, 790 pédoncules)

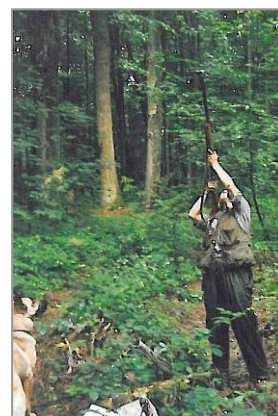
21. Contexte

La construction de l'herbier des chênes du canton de Vaud repose sur une conjonction de préoccupations très diverses émises dès la fin des années 1970, allant du besoin de construire une clé de détermination adaptée aux besoins des forestiers praticiens, jusqu'à la fascination de mieux cerner l'exceptionnelle biodiversité liée au chêne, en passant par le désir d'assurer la durabilité des populations de chêne ou encore de relancer la tonnellerie en Suisse... Tous ces projets animés par la passion de leurs initiants et l'appui persévérant des autorités ont été incontestablement les moteurs d'une démarche dont, au départ, personne n'imaginait qu'elle s'inscrirait dans un nouveau défi : affronter un possible réchauffement climatique de longue durée...

22. Récolte du matériel d'herbier

L'impossibilité très fréquente de prélever des rameaux dans la couronne des chênes depuis le sol a imposé l'utilisation d'une carabine pour « cueillir » le matériel recherché (fig. 1), soit au moins 2 rameaux et 10 feuilles en bon état par arbre. Les prélèvements, effectués sur une grille d'inventaire systématique à mailles carrées de 100 ou 400 m de côté selon les cas, ont permis de mettre en herbier du matériel issu de près de 2800 arbres répartis dans toutes les régions du canton de Vaud.

Fig. 1 Tir des rameaux de chêne par Fabienne Duvoisin, forestière-bûcheronne



Le choix d'effectuer des récoltes de rameaux sur une grille d'inventaire systématique s'est tout naturellement imposé dans un canton où les principales données d'aménagement et de gestion des forêts s'empilaient déjà selon des principes identiques, mis progressivement en place depuis 1962 (Hartmann & al. 2009). Débutée en 1988 sur une grille de relevés d'une placette tous les 400 m, la cartographie de la végétation forestière du canton de Vaud offrait déjà des perspectives de mise en relation des données stationnelles avec la répartition des différentes espèces de chêne, une condition sine qua non pour développer l'outil offrant aux forestiers la possibilité de gérer la bonne espèce au bon endroit sur des bases solides (Horisberger & Meylan 2009a).

Une forestière-bûcheronne, F. Duvoisin, a assumé les prélèvements et les opérations de séchage sous buvard durant 8 saisons de végétation (juillet-août, 1990-1997), aidée ponctuellement par des stagiaires. La description et la mise définitive en herbier ont eu lieu en saison hivernale (2 rameaux, si possible avec pédoncules et fruits, et 6 feuilles, dont 1 réservée à des études ultérieures, fig. 2). Des problèmes de santé de l'opératrice, notamment un zona déclenché au contact de chenilles de chêne, ont mis fin en 1997 à cette phase de travail ayant couvert environ les deux tiers des forêts vaudoises recelant des chênes. Accompagné d'une riche documentation photographique, l'herbier originel est complété par un herbier informatique (fig. 2). Le tout a été déposé en 2014 au Musée botanique cantonal de Lausanne, institution en charge de sa gestion.

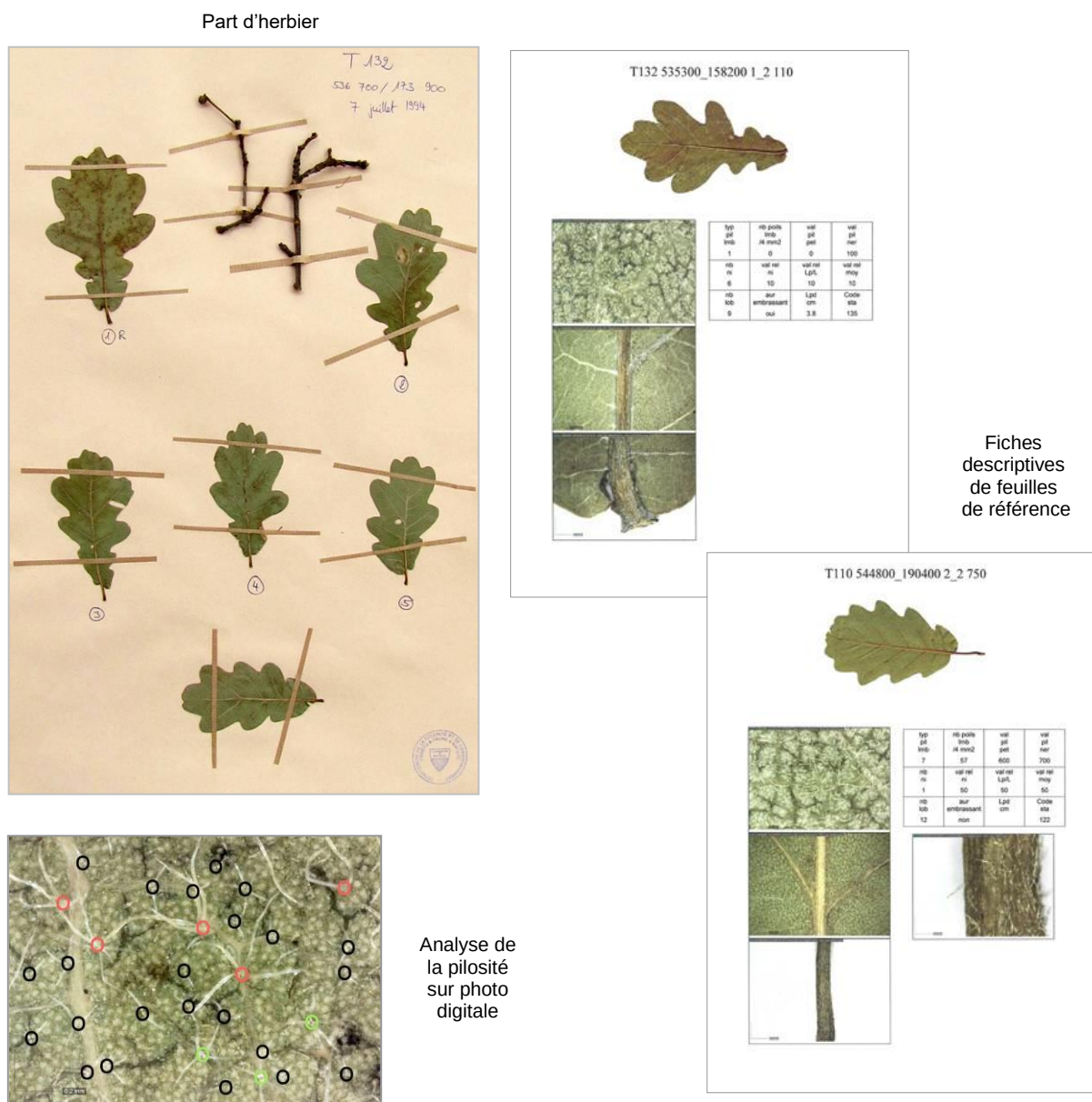


Fig. 2 Exemples de documents de l'herbier des chênes du canton de Vaud

En 2015-2017, près de vingt ans plus tard, le dernier tiers des placettes a été visité dans le but de compléter le réseau d'analyse systématique d'un point tous les 400 m (1 point/16 ha), mais sans récolte de matériel d'herbier, de manière à couvrir l'ensemble des forêts avec présence de chêne (fig. 3). La détermination de l'espèce dominante s'est alors effectuée in situ, généralement à l'aide de feuilles tombées au sol examinées à la loupe et au microscope de poche, examen complété par l'observation à la jumelle des chênes sur pied.

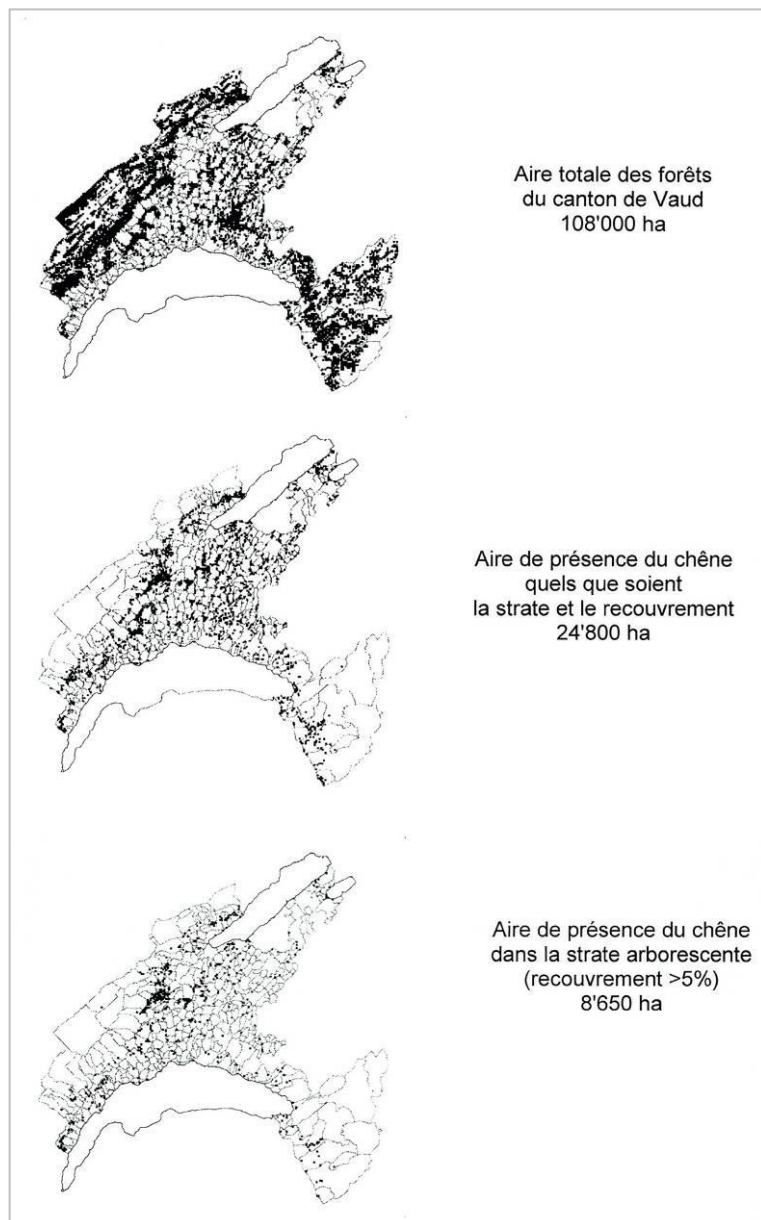


Fig. 3 Aires des forêts et de présence du chêne dans le canton de Vaud (grille d'inventaire systématique à mailles carrées de 400 m de côté). Document produit à partir de la banque de données de l'Observatoire de l'écosystème forestier du canton de Vaud (Horisberger & Meylan 2009b).

L'herbier des chênes du canton de Vaud constitue le socle de référence qui a permis l'élaboration d'une nouvelle clé de détermination des chênes à partir des travaux de P. Kissling (1980), notamment grâce à un réseau d'échantillonnage systématique couvrant l'ensemble du canton, et donc tous les milieux favorables à la présence du chêne dans les trois principales régions biogéographiques concernées (Jura, Plateau, Alpes). La reprise dans le cadre méthodologique actuel de toutes les données accumulées au fil des ans a fourni l'essentiel des éléments analytiques ayant permis de préciser les liens entre la présence des différentes espèces de chêne et le milieu naturel (voir le dossier thématique « Adéquation stationnelle et gestion des espèces de chêne indigènes en Suisse » (Horisberger 2021b).

23. Répartition des espèces de chêne

Les données recueillies valent pour l'ensemble des forêts du canton de Vaud sur la base de 1213 placettes disposées sur un réseau systématique d'une densité de 1 placette/16 ha. Cette base de données réunit la totalité des placettes inventoriées contenant au moins 1 chêne de plus de 10 cm de diamètre dans un rayon moyen de 11 m. Ce collectif recouvre 19'408 ha, soit environ 18% de la surface totale des boisés du canton de Vaud (fig. 4).

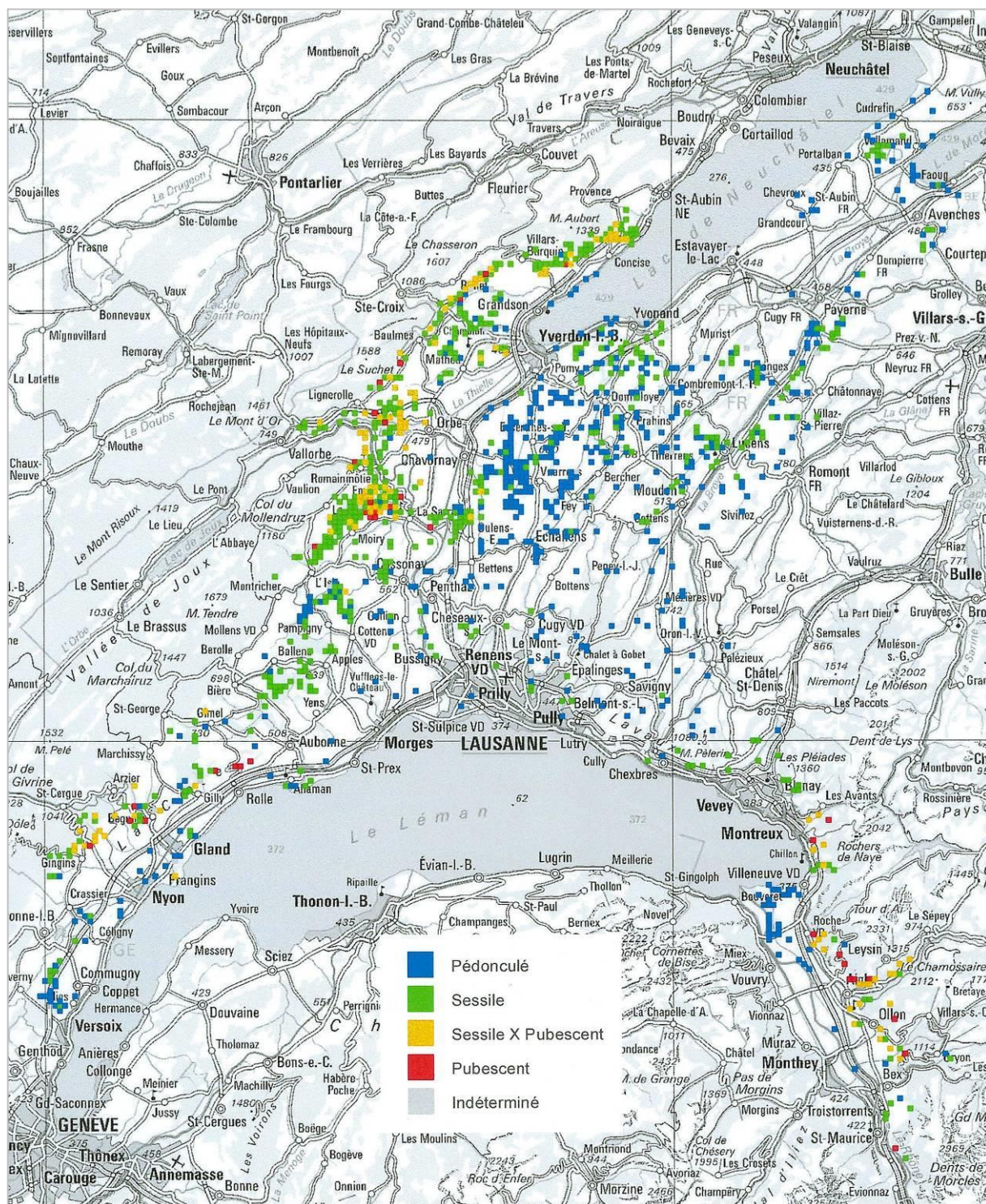


Fig. 4 Répartition des placettes de récolte et de détermination des espèces de chêne dans le canton de Vaud sur la grille d'inventaire à mailles carrées de 400 m de côté.

24. Groupements végétaux

La nomenclature relative aux groupements végétaux utilise la syntaxe développée dans le canton de Vaud à l'intention des besoins de la pratique sous forme d'un code de trois chiffres (Clot & Delarze 2009) :

- le chiffre des centaines représente une série, par exemple 600 = chênaies,
- le chiffre des dizaines code une association, par exemple 610 = chênaies buissonnantes (Coronillo-Quercetum),
- le chiffre des unités code une sous-association, par exemple 614 = chênaie buissonnante acidophile.

Les associations végétales sont référencées pour l'essentiel selon la nomenclature développée par l'Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage WSL (Ellenberger & Klötzli 1972), bien que codifiée dans un système plus ouvert pour apporter des informations sur les ressemblances entre groupements et sur leur statut systématique. Par contre, au niveau des sous-associations végétales, elle suit une codification normalisée (troisième chiffre du code) avec une forme centrale (mésophile) de l'association autour de laquelle gravitent les codes de huit sous-associations correspondant à toutes les combinaisons possibles entre xérophile ou hygrophile et acidophile ou basophile (fig. 5).

plus sec ↑	1 xéro-acidophile	2 xérophile	3 xéro-basophile
	4 acidophile	5 mésophile	6 basophile
↓ plus humide	7 hygro-acidophile	8 hygrophile	9 hygro-basophile
	← plus acide		→ moins acide

Fig. 5 Position des codes de sous-associations sur l'écogramme d'humidité et de pH du sol dans le système de classification du canton de Vaud.

La présentation de la technique de relevé et les documents de travail sont librement accessibles sur le site de l'Etat de Vaud www.vd.ch/themes/environnement/forets/la-foret-vaudoise/observatoire-des-forets/. Le formulaire de relevé phytosociologique recto/verso dédié au tillaies et chênaies figure ci-dessous à titre d'exemple (fig. 6 et 7), avec description des codes de lecture en bas de formulaire (fig. 7).

[illegible]

Fig. 6 Exemple de formulaire de relevé de végétation et de diagnostic stationnel : recto du formulaire dédié aux tillaies et chênaies

Taxation et numéros d'association		11	12	21	41	42	44	61	62	64	65	67
Numéro de relevé												
4. ESPECES DES ETAGES SUBALPIN, MONTAGNARDS ET, LOCALEMENT, SUBMONTAGNARD (>600 m)												
401. Mésophiles												
Actée en épi	<i>Actea spicata</i>											
Chèvrefeuille noir	<i>Lonicera nigra</i>											
Grande fétuque	<i>Festuca altissima</i>											
Polygonate verticillé	<i>Polygonatum verticillatum</i>											
Polystic à aiguillons	<i>Polystichum aculeatum</i>											
Séneçon ovale	<i>Senecio ovatus</i>											
402. +/- basophiles												
Dentaire (Card.) à cinq folioles	<i>Cardamine pentaphyllos</i>											
Dentaire (Card.) à sept folioles	<i>Cardamine heptaphylla</i>											
5. ESPECES A OPTIMUM AUX ETAGES MONTAGNARD INFÉRIEUR ET SUBMONTAGNARD (<1100 m)												
501. Mésio-thermophiles												
Houx	<i>Ilex aquifolium</i>											
Lierre	<i>Hedera helix</i>											
Merisier	<i>Prunus avium</i>											
Primevère vulgaire	<i>Primula acaulis</i>											
502. Mésio-xérophiles et xérophiles												
Anthrémum rameux	<i>Anthericum ramosum</i>											
Céphalanthère sp.	<i>Cephalanthera sp.</i>											
Coronille éméru	<i>Hippocrepis emerus</i>											
Erable à feuilles d'obier	<i>Acer opalus</i>											
Germandrée petit chêne	<i>Teucrium Chamaedrys</i>											
Laiche blanche	<i>Carex alba</i>											
Mélisse à feuilles de mélisse	<i>Melittis melissophyllum</i>											
503. Mésio-hygrophiles												
Circée de Paris	<i>Circaea lutetiana</i>											
Merisier à grappes, bois puant	<i>Prunus padus</i>											
504. Hygrophiles sur sol sensible au tassement (hors ornières !)												
Laiche à épis espacés	<i>Carex remota</i>											
505. Mésio-xérophiles +/- acidophiles												
Epière officinale	<i>Stachys officinalis</i>											
Fétuque à feuilles de 2 sortes	<i>Festuca heterophylla</i>											
Gesse des montagnes	<i>Lathyrus linifolius</i>											
Gesse noire	<i>Lathyrus niger</i>											
506. Basophiles												
Asarum d'Europe	<i>Asarum europaeum</i>											
Cornouiller sanguin	<i>Cornus sanguinea</i>											
Erable champêtre	<i>Acer campestre</i>											
Euphorbe à feuilles d'amandier	<i>Euphorbia amygdaloides</i>											
Tamier commun	<i>Tamus communis</i>											
Troène vulgaire	<i>Ligustrum vulgare</i>											
507. Basophiles, sols actifs												
Ormithogale des Pyrénées	<i>Ornithogalum pyrenaicum</i>											
6. ESPECES A OPTIMUM A L'ETAGE SUBMONTAGNARD (< 800 m)												
601. Mésio-hygrophiles												
Laiche à épis pendants	<i>Carex pendula</i>											
Prêle d'hiver	<i>Equisetum hiemale</i>											
Prêle géante	<i>Equisetum telmateia</i>											
602. Hygrophiles												
Laiche fausse, laiche aigüe	<i>Carex acutiformis</i>											
Lysimachie vulgaire	<i>Lysimachia vulgaris</i>											
603. Basophiles, sols actifs, frais												
Gouet	<i>Arum maculatum</i>											
Pulmonaire sombre	<i>Pulmonaria obscura</i>											
604. Nitrophiles												
Alliaire officinale	<i>Alliaria petiolata</i>											
Gailliet gratteron	<i>Galium aparine</i>											
Lierre terrestre	<i>Glechoma hederacea</i>											
7. PLANTES DES ROCHERS ET DES BLOCS												
Asplénium à pétiole vert	<i>Asplenium viride</i>											
Capillaire rouge	<i>Asplenium trichomanes</i>											
Moehringie mousse	<i>Moehringia muscosa</i>											
Régliasse-des-bois	<i>Polypodium vulgare</i>											

NOTATION DE LA PRESENCE DES
ESPECES DANS LES RELEVES:

- Espèce très abondante >75 % de couverture ●
- Espèce abondante ○
- Espèce faiblement présente (1-3 tiges) +

FREQUENCES REGIONALES CONSTATEES:

- Espèce fréquente (présence > 60 % des cas) ■
- Espèce régulièrement présente (30-60 %) ■
- Espèce peu fréquente (10-30 %) ■
- Espèce généralement absente (<10 %) □

Sous-ass. ou variantes d'ass. marquées par:

- la présence de l'espèce X
- l'absence de l'espèce (X)

ECOGRAMME
DES SOUS-ASSOCIATIONS:

	a	b	
s	1	2	3
	4	5	6
h	7	8	9
	a	b	

Ex:

- 115 = sous-association typique
- 111 = sous-association plus acide et sèche
- 110 = sous-association indéterminée

Fig. 7 Exemple de formulaire de relevé de végétation et de diagnostique stationnel : verso du formulaire dédié aux tillaies et chênaies

25. Groupes stationnels de mêmes affinités écologiques

La constitution de groupes stationnels de mêmes affinités écologiques (fig. 8) répond au besoin de synthétiser l'ensemble des données jusqu'à un niveau permettant d'orienter efficacement leur utilisation pratique. Elle résulte d'une analyse critique :

- des taux de présence de chacune des espèces de chêne par sous-association végétale,
- de l'intégration des connaissances acquises en matière de description des stations dans le cadre de l'Observatoire de l'écosystème forestier du canton de Vaud,
- des observations effectuées sur le terrain par les praticiens forestiers.

Gr. stat.	Code s.-ass. VD	Nombre de données	Nom français de sous-association (syntaxe VD)	Code E+K	Nom latin d'association
1	135	36	Hêtraie à gouet mésophile	11	Aro-Fagetum
	515	1	Aunaie marécageuse très inondée	44	Carici elongatae-Alnetum
	522	6	Frênaie marécageuse peu hygrophile	30	Pruno-Fraxinetum
	525	3	Frênaie marécageuse hygrophile		
	535	12	Frênaie des ruisseaux	27	Carici remotae-Fraxinetum
	538	1	Frênaie des ruisseaux très hygrophile		
	545	7	Frênaie hygrophile des sources	26	Aceri-Fraxinetum
	555	13	Frênaie des talus méso-hygrophile		
	562	23	Frênaie alluviale mésophile, peu hygrophile	28-29	Ulmo-Fraxinetum
	563	7	Frênaie alluviale basophile, peu hygrophile		
	565	11	Frênaie alluviale mésophile, hygrophile		
2	566	2	Frênaie alluviale basophile, hygrophile		
	568	12	Frênaie alluviale basophile, très hygrophile		
3	128	99	Hêtraie à pulmonaire méso-hygrophile	9-10	Pulmonario-Fagetum
	136	39	Hêtraie à gouet basophile	11	Aro-Fagetum
4	118	90	Hêtraie à aspérule méso-hygrophile	6-7	Galio-Fagetum
	119	116	Hêtraie à aspérule baso-hygrophile		
	148	9	Hêtraie à millet méso-hygrophile	8	Milio-Fagetum
	149	4	Hêtraie à millet baso-hygrophile	12-13	Cardamino-Fagetum
5	158	4	Hêtraie à cardamine hygrophile		
	115	174	Hêtraie à aspérule mésophile	6-7	Galio-Fagetum
	116	78	Hêtraie à aspérule basophile		
	125	105	Hêtraie à pulmonaire mésophile	9-10	Pulmonario-Fagetum
6	145	33	Hêtraie à millet mésophile	8	Milio-Fagetum
	146	4	Hêtraie à millet basophile		
7	111	10	Hêtraie à aspérule acido-xérophile	6-7	Galio-Fagetum
	112	24	Hêtraie à aspérule méso-xérophile		
	113	9	Hêtraie à aspérule baso-xérophile		
	114	16	Hêtraie à aspérule acidophile	8	Milio-Fagetum
	117	3	Hêtraie à aspérule acido-xérophile		
	144	2	Hêtraie à millet acidophile		
	147	0	Hêtraie à millet acido-hygrophile		
	154	0	Hêtraie à cardamine acido-mésophile		
	155	12	Hêtraie à cardamine mésophile	12-13	Cardamino-Fagetum
	157	1	Hêtraie à cardamine acido-hygrophile		
	262	1	Hêtraie à luzule des bois xérophile	1-2	Luzulo sylvaticae-Fagetum
	265	9	Hêtraie à luzule des bois mésophile		
	655	11	Chênaie mixte à gaillet des bois mésophile		
	656	2	Chênaie mixte à gaillet des bois basophile	35	Galio-Carpinetum
8	658	1	Chênaie mixte à gaillet des bois méso-hygrophile		
	122	87	Hêtraie à pulmonaire méso-xérophile	9-10	Pulmonario-Fagetum
	151	2	Hêtraie à cardamine acido-xérophile	12-13	Cardamino-Fagetum
	152	17	Hêtraie à cardamine méso-xérophile		
	214	7	Hêtraie à laïches acidophile	14-15	Carici-Fagetum
9	215	21	Hêtraie à laïche mésophile		
	213	3	Hêtraie à laïches baso-xérophile	14-15	Carici-Fagetum
	216	37	Hêtraie à laïches basophile		
	415	4	Tillaie sur éboulis mésophile		Aceri-Tilietum platyphyllis
	442	2	Tillaie-Frênaie méso-xérophile sur rochers		Tilio-Fraxinetum
	445	2	Tillaie-Frênaie mésophile sur rochers		
	645	8	Chênaie à gesse noirissante mésophile	41	Lathyro-Quercetum
10	646	13	Chênaie à gesse noirissante basophile		
	615	11	Chênaie buissonnante mésophile	38-39	Coronillo-Quercetum
	625	8	Chênaie buissonnante mésophile montagnarde		
Total		1213	Pineraie à Coronille mésophile		Coronillo-Pinetum

Fig. 8 Liste des groupements végétaux avec présence de chêne classés par groupes stationnels de mêmes affinités écologiques

Dans le canton de Vaud, la représentation graphique du taux de présence des espèces de chêne par groupe stationnel de mêmes affinités écologiques (fig. 9) illustre la probabilité moyenne de trouver chaque espèce de chêne dans chaque groupe. Des apparitions improbables d'espèces au sein d'un groupe correspondent dans la quasi-totalité des cas à des diagnostics stationnels reflétant insuffisamment la réalité d'une mosaïque locale, à la présence exceptionnelle d'une espèce sans explication plausible, un fait récurrent dans la nature, ou encore à une influence humaine, beaucoup plus rare qu'imaginé après la longue histoire de survie des sociétés liées au chêne. Ces apparitions parasites ne semblent jamais dépasser le seuil de 5% des chênes attribués à un groupe stationnel, seuil au-dessous duquel elles n'ont pas été prises en considération dans la représentation graphique.

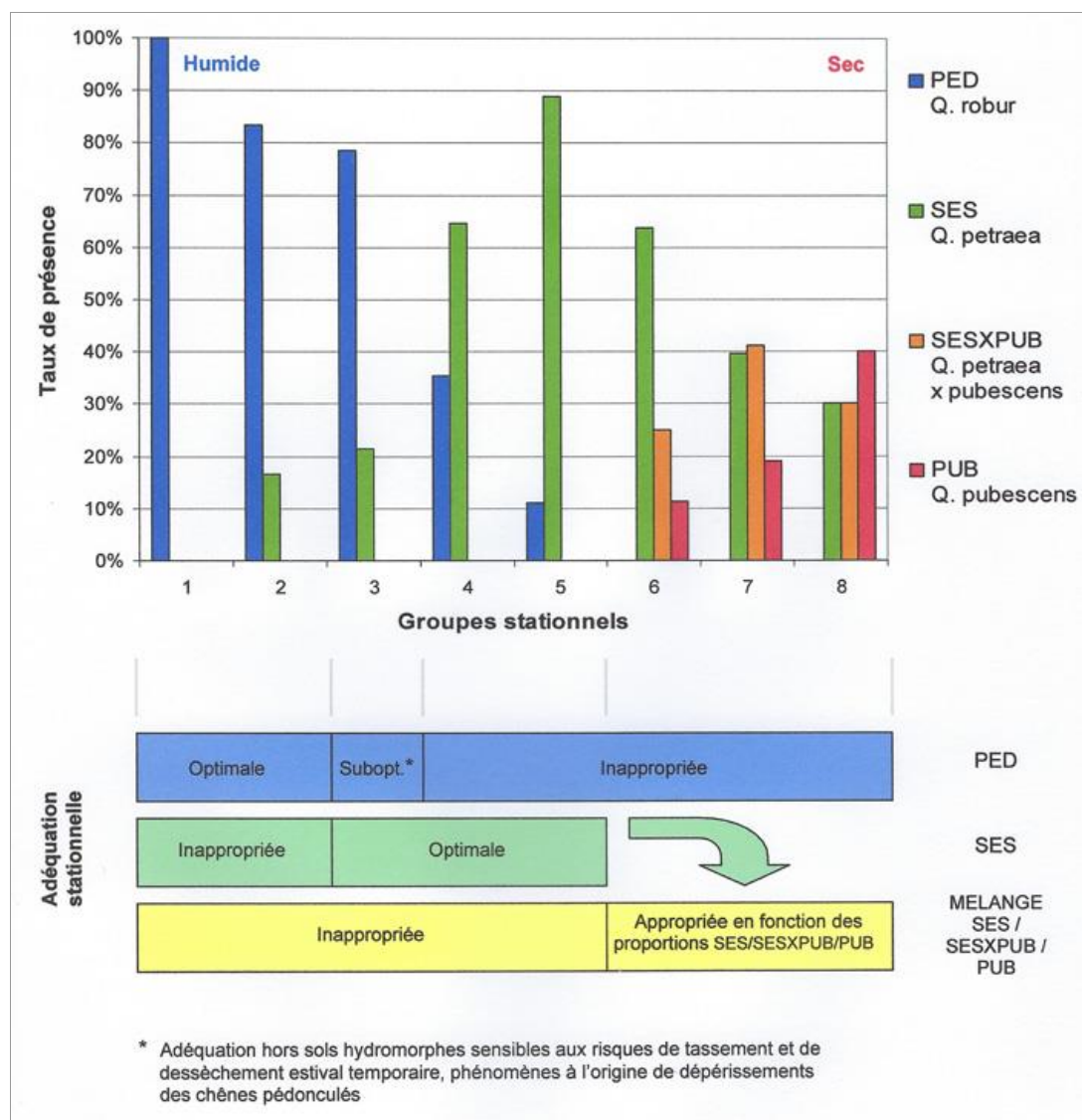


Fig. 9 Taux de présence et adéquation stationnelle des espèces de chêne par groupes de placettes de mêmes affinités écologiques dans le canton de Vaud

L'analyse de l'adéquation des espèces de chêne aux différents groupes stationnels reflète non seulement le lien naturel existant entre espèce et station tel que calculé à partir de l'herbier des chênes du canton de Vaud, mais également la longue expérience acquise par les praticiens au cours de quarante ans de recherches appliquées, ainsi que l'inclusion depuis une vingtaine d'année d'un regard proactif sur l'influence des changements climatiques en cours. Cette influence est estimée surtout sensible dans les franges de l'aire stationnelle optimale de chacune des espèces.

26. Essences accompagnantes

La relation entre la présence des chênes et celle des autres essences forestières apporte une perspective complémentaire sur l'identité des peuplements appartenant à chaque groupe stationnel définis dans le canton de Vaud (fig.10). Avec seulement 19 placettes de référence, les données du groupe 8 doivent être analysées avec précaution, même si elles semblent recouvrir une réalité logique pour l'observateur de terrain. Sans perdre de vue que ce panorama est fortement imprégné d'influences humaines, quelques informations utiles peuvent cependant être tirées pour appréhender le contexte concurrentiel des chênes dans leur aire de leur répartition:

- les feuillus sont globalement toujours majoritaires par rapport aux résineux dans l'aire de présence du chêne,
- à part le peuplier, confiné dans les stations les plus humides (groupes 1 et 2), toutes les essences forestières majeures participent aux mécanismes de concurrence interspécifique, quelle que soit la station,
- bien qu'affectionnant l'humidité, le frêne est une essence accompagnante quasi permanente des chênes,
- la présence affirmée des érables dans les stations très sèches (groupes 7 et 8) est surtout imputable à la présence de l'érable à feuilles d'obier et l'érable champêtre,
- l'épicéa et le sapin reculent nettement dans l'aire de présence des chênes pubescents (groupes 6 à 8),
- la présence affirmée des pins (pin sylvestre, pin noir) dans le groupe 7 correspond souvent à d'anciens efforts de boisement des terrains maigres.

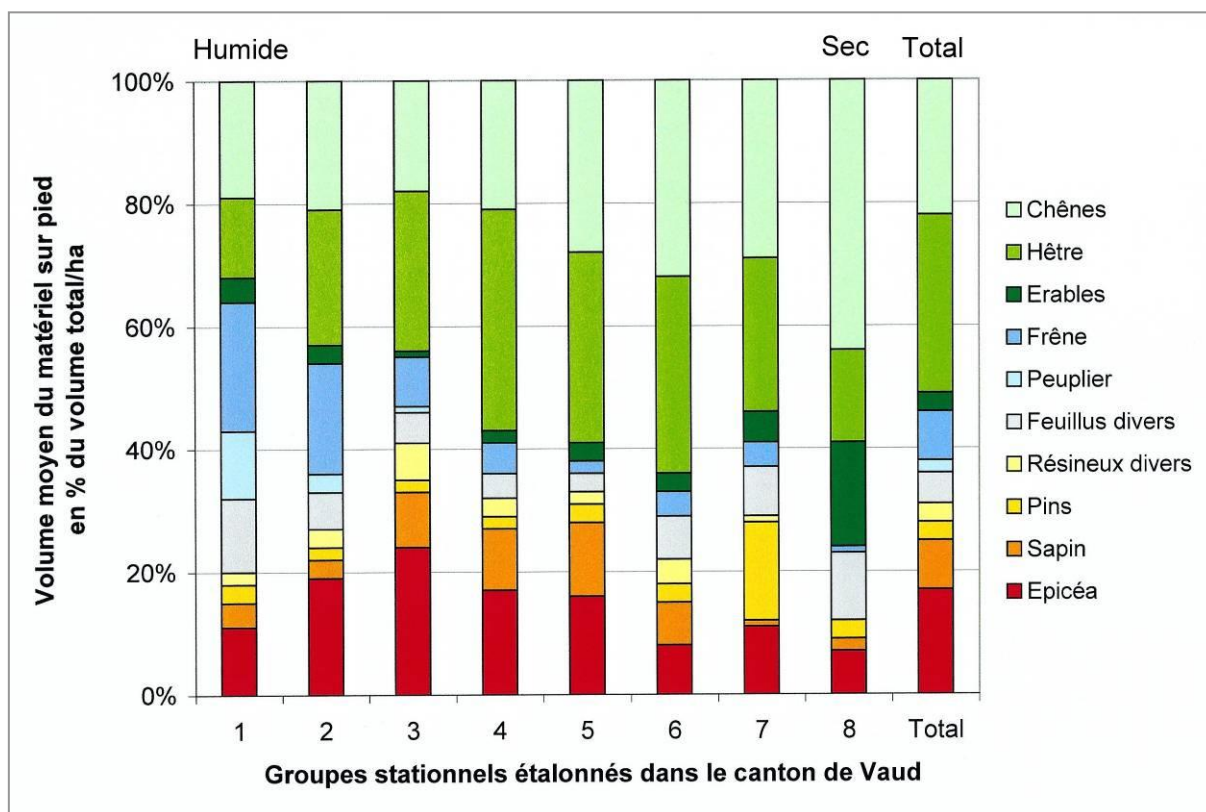


Fig. 10 Proportions relatives des essences forestières par groupements stationnels étalonnés dans le canton de Vaud (voir fig. 8)

27. Etat de renouvellement des chênes

L'avenir du chêne dans les ensembles représentés par les groupements stationnels (fig. 8) ne saurait être abordé sans rendre compte de l'état actuel de son renouvellement (fig. 11). Les populations de chêne des groupes stationnels 1 à 5, lesquels correspondent aux stations traditionnellement propices aux forêts de haute futaie, manifestent un considérable déficit en tiges de 8 à 16 cm de diamètre par rapport au modèle, de même qu'en volume de petits bois (16-18 cm de diamètre). Par contre, le volume des bois moyens et gros (> 28 cm de diamètre) dépasse largement le niveau nécessaire dans un régime de production soutenue. Le manque de recrutement de jeunes tiges de chêne dans ces groupes 1 à 5 sensés être gérés en respectant un équilibre des classes d'âge (état pérenne) constitue en lui-même un très fort signal d'alarme sur l'urgence d'inverser la tendance en faveur du chêne, essence reconnue particulièrement adaptée à affronter un réchauffement climatique à long terme (Lefèvre & al 2015) !

Les populations attribuées aux stations du groupe 6, où les chênes du complexe sessile/pubescent commencent d'apparaître régulièrement, sont les seules qui manifestent un équilibre global des classes de développement. Les populations des groupes 7 et 8 correspondent aux stations les plus sèches et sont manifestement encore imprégnées d'une identité de taillis caractérisés par un grand nombre de petites tiges (minus) et un fort pourcentage de petits et moyens bois, alors que les gros restent rares.

Description du matériel sur pied			Groupes stationnels de mêmes affinités écologiques									Modèle pérenne*
			1	2	3	4	5	6	7	8	Total	
Minus (8-16 cm)		n/ha	6	3	13	5	19	48	118	165	22	50-55
Volume sur pied	Petits (16-28 cm)	%	5	6	5	7	13	27	49	55	13	20-25
	Moyens (28-48 cm)	%	16	30	27	38	51	45	48	35	17	45-55
	Gros (>48 cm)	%	79	64	68	55	36	28	3	1	50	20-35

Fig. 11 Etat de renouvellement du chêne dans les groupes stationnels de mêmes affinités écologiques dans le canton de Vaud

* Modèle pérenne proposé dans le guide d'aménagement et de gestion des forêts du canton de Vaud. Source : Inspection cantonale des forêts du canton de Vaud 2016.

Dans un futur annoncé porteur d'une intensification des sécheresses et canicules, leurs effets pèseront sur les capacités concurrentielles des différentes essences forestières, notamment au niveau de leur fonctionnement hydrique, un domaine où les chênes semblent relativement favorisés pour maintenir un potentiel hydrique en deçà d'un seuil dommageable (Cochard et Granier 1999). Toutefois, de graves dysfonctionnements ne peuvent être formellement exclus lors de canicules et sécheresses répétitives dans des stations à sols très superficiels, une situation encore exceptionnelle mais spectaculairement révélée au printemps 2019 à la Chassagne d'Onnens (VD) (fig. 12) et dans la forêt des Buis de La Sarraz (VD) où tous les types de chêne du complexe sessile/pubescent ont été fragilisés, jusqu'au dépérissement de groupes entiers de chênes.

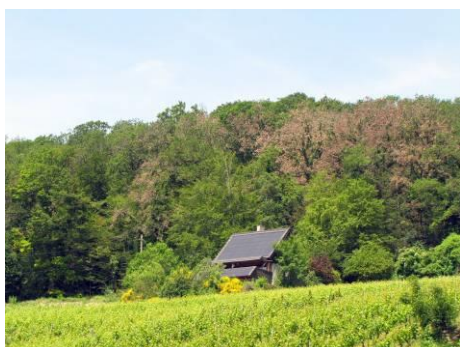


Fig. 12 Chassagne d'Onnens (VD). Etat sanitaire déficient d'une population de chênes du complexe sessile/pubescent en été 2019

28. Remerciements

Depuis plus de 40 ans que dure l'histoire de l'herbier des chênes du canton de Vaud, près de 200 personnes ont été impliquées dans sa réalisation. Impossible d'en faire l'énumération ! Néanmoins, le fil rouge du projet a passé par une chaîne de passionné(e)s sans lesquels l'auteur de ce dossier aurait risqué maintes fois d'arrêter l'aventure.

- Dans les années 1980, Pascal Kissling, botaniste de l'Institut de Botanique systématique et de Géobotanique à l'université de Lausanne et féru de vulgarisation, a su intéresser les forestiers de terrain à l'usage d'une clé de détermination des chênes dont il était l'auteur, et les sensibiliser à l'exceptionnelle valeur patrimoniale du genre « chêne ».

- Dès le début des huit campagnes de récolte de rameaux de chêne (1990-97), Jean-Pierre Reitz, alors conservateur de la nature au Département de l'Agriculture, de l'Industrie et du Commerce du canton de Vaud, a trouvé l'essentiel des moyens financiers nécessaires à la récolte annuelle de rameaux de chêne, un projet de longue haleine pourtant pas très accrocheur pour les pouvoirs publics...

- Avec enthousiasme et persévérance, Fabienne Duvoisin, forestière-bûcheronne, a assumé durant près de huit ans l'essentiel des campagnes estivales de récolte et séchage de rameaux de chêne, carabine à l'épaule, suivie fidèlement par son chien porteur de matériel, et souvent assistée de stagiaires. Sélection et description des feuilles et rameaux de meilleure qualité et collage sur « parts » (planches) d'herbier ont ensuite occupé une partie de ses périodes hivernales. Un consciencieux et persévérant « travail de fourmi » qui a fait de l'herbier un modèle parmi tous ceux déposés au Musée botanique cantonal de Lausanne, conservateur dixit !

- Partie prenante à la création de l'herbier dès 1995, puis responsable de la réalisation de la carte de végétation du canton de Vaud (80'000 relevés supervisés à ce jour), Micheline Meylan, garde forestier auprès de la Direction générale de l'environnement du canton de Vaud, n'a cessé d'amener un regard critique et pragmatique sur l'évolution de la clé de détermination des chênes développée à l'intention des praticiens, puis de participer à l'intégration des paramètres stationnelles dans l'étude du comportement des populations de chêne. Une carrière d'exception encore en cours pour former les forestiers au diagnostic stationnel et les motiver à gérer « la bonne espèce au bon endroit », que ce soit le chêne ou toute autre essence forestière.

- Sans discontinuer, une succession d'inspecteurs forestiers cantonaux et d'arrondissement, de responsables de l'aménagement forestier, d'informaticiens, etc., n'a cessé d'apporter un appui affirmé à la réalisation de l'herbier, son analyse et sa valorisation. Une dynamique de continuité exemplaire en matière de soutien d'une recherche appliquée.

Que chacun des acteurs de la constitution des herbiers cantonaux en soit profondément remercié !

3. L'herbier des chênes du canton du Valais (3200 feuilles prélevées dans 156 populations)

31. Contexte

La rareté du chêne pubescent dans le canton de Vaud (moins de 2% du matériel mis en herbier) laissait ouvertes plusieurs questions relatives aux caractères différentiels de cette espèce richement présente en Valais. En 2014, l'intérêt porté au chêne par les milieux forestiers de ce canton a contribué au lancement d'un projet de création d'un herbier cantonal, avec le but de mieux comprendre les potentialités d'utilisation du chêne dans le domaine de la protection des infrastructures, un rôle jusqu'alors souvent joué par le pin sylvestre, essence qui souffre aujourd'hui de phénomènes de dépérissement marqués.

Bien connu pour ses populations de chêne au feuillage plus ou moins pubescent, le canton du Valais a fourni du matériel d'herbier dont l'intérêt a dépassé toutes les prévisions. Non seulement l'ensemble de la gamme des espèces de chêne a pu être documentées, mais il a révélé de manière spectaculaire les potentialités d'adaptation des populations aux conditions édaphiques et climatiques locales grâce à une modulation des proportions des espèces de chêne du complexe sessile / sessile x pubescent / pubescent. Ce constat a permis d'appuyer la thèse du « contrôle écologique de l'hybridation » chez les chênes évoqué par divers auteurs (Muller 1952, Benson & al 1967, Hardin 1975).

32. Récolte du matériel d'herbier

Fort des expériences acquises dans le canton de Vaud pour développer la clé de détermination proQuercus et ses principes d'application, la collecte du matériel d'herbier a été entreprise en Valais non sur la base d'un réseau systématique de récolte comme sur sol vaudois, mais par le prélèvement de feuilles à portée de main ou d'un coupe-branche au sein de populations judicieusement choisies, homogènes sur le plan stationnel et bien réparties à travers le canton (fig. 13). Trois éléments ont guidé ce choix :

- concentration des opérations de récolte du matériel d'herbier pour limiter le coût du projet dans une topographie accidentée,
- étude de la répartition et du comportement des espèces de chêne au niveau des populations,
- observation d'entités en phase avec le contexte de gestion des forêts.

Dans un quart des cas, la récolte s'est effectuée à terre lors de la chute automnale des feuilles. Au terme du projet, séché, photographié, décrit et analysé, l'herbier sera déposé sous un format ad hoc au Musée botanique de Lausanne.

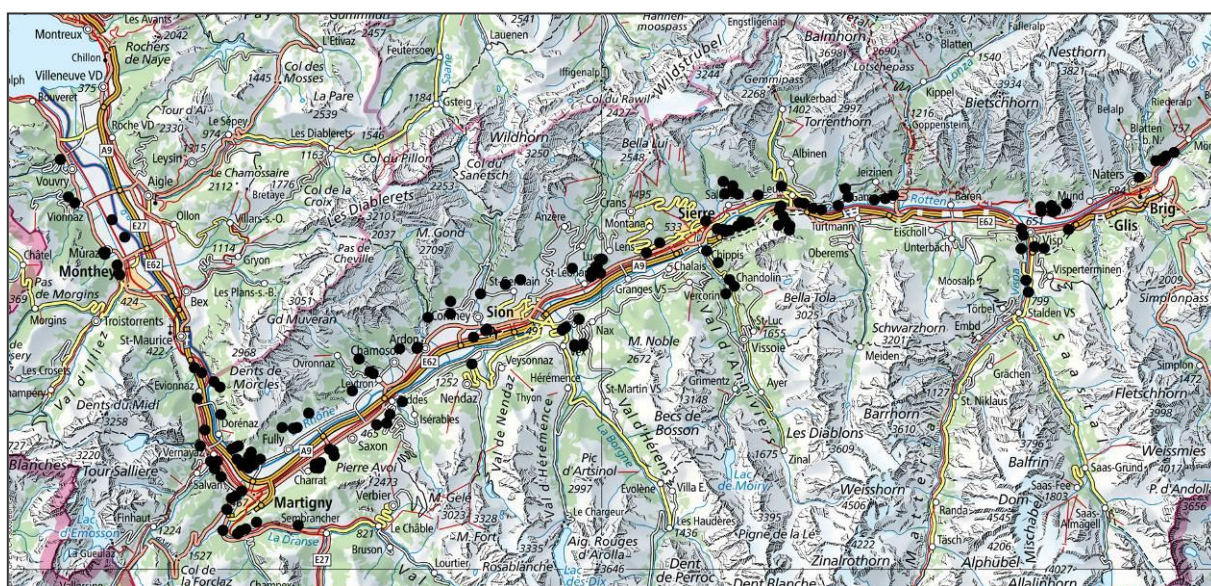


Fig. 13 Carte des populations de chêne analysées dans le canton du Valais
(état 2020, 156 populations)

33. Milieux naturels

Le canton du Valais est caractérisé par une mosaïque de végétation forestière extrêmement complexe sous l'influence de facteurs climatiques, géomorphologiques, biologiques, humains et temporels qui rendent difficile la description des relations causales entre la présence de la végétation et le milieu local (Burnand 1976, Werner 1988, Kienast 2004), d'où l'absence de cartes de végétation pertinentes couvrant l'ensemble du canton à une échelle utilisable au niveau local. C'est donc au travers de l'influence de paramètres environnementaux majeurs (climat, sols) qu'il convient de chercher un lien avec la répartition des forêts riches en chênes. Heureuse conjonction, ce domaine d'étude est bien développé dans la culture du vignoble dont l'aire jouxte une partie de ces forêts. De fait, la littérature consacrée à la viticulture valaisanne (Letessier & Marion 2007a, 2007b, Pythoud 2007) offre une importante contribution dans la compréhension du comportement des populations de chênes, même si leur réaction aux composants chimiques des sols est moindre que celle de la vigne, voire secondaire.

L'étude de la composition des 156 populations de chêne ayant permis de constituer l'herbier cantonal valaisan (fig. 14) révèle une capacité d'adaptation aux climats locaux caractérisés par les facteurs tels que la pluviométrie, le foehn, les brises régionales et locales (fig. 15 à 17), ou encore l'insolation. Leur influence agit directement sur le niveau des réserves utiles en eau, un paramètre lié à la texture et la profondeur des sols. Par contre, la nature proprement dite des roches-mères ne semble jouer qu'un rôle secondaire, comme le confirme la littérature forestière (par ex. Bonfils & al 2013). Comme en viticulture avec les différents cépages (Zufferey 2017), les effets de l'intégration des facteurs environnementaux par les chênes dépassent même souvent ce que suggèrent les modèles à disposition, suscitant un questionnement permanent, voire des remises en question inattendues.

34. Panorama des particularités régionales des populations de chêne

L'analyse de l'herbier des chênes du canton du Valais est à l'origine de la mise au point d'un indice de pilosité calculé par population sur une échelle de 1 à 9. Basé sur l'appréciation de la pilosité du pétiole et de la nervure principale, son calcul permet de mettre en évidence l'influence de l'environnement sur la composition des populations locales et régionales de chênes (Horisberger 2021a).

Le découpage territorial en 13 secteurs géographiques propose un panorama des principales particularités locales et régionales décelées (fig. 14).

1. Secteur plaine alluviale du Bas-Valais

La quasi totalité de la plaine alluviale du Bas-Valais dispose d'une nappe phréatique élevée favorable à la présence du chêne pédonculé, lequel domine pratiquement totalement les quelques populations de chêne existantes. Une partie des pédonculés semblent issus de plantations et, à ce titre, ne sont pas forcément de race locale.

2. Versants du Bas-Valais, en rive gauche du Rhône

Un climat de type atlantique, sensible jusqu'à l'amorce du coude de la vallée à Martigny, domine le Bas-Valais. La pluviométrie est élevée (> 1000 mm d'eau, fig. 15), de sorte que la concurrence des autres essences a limité naturellement la formation de populations dominées par le chêne dans des milieux caractérisés par des sols à faible capacité de rétention en eau, souvent superficiels. Localement, par ex. dans la région de Monthey et Collombey, l'intervention humaine a favorisé la constitution de massifs riches en chênes. Le chêne sessile domine très largement le sessile x pubescent, alors que le pubescent n'apparaît que très localement dans les milieux les plus arides.

3. Coude de Martigny

Le coude de la vallée du Rhône à Martigny marque le passage du climat de type atlantique au climat de type continental caractéristique du Valais central où la pluviométrie est quasiment deux fois plus faible qu'au bord du lac Léman (fig. 15). Les populations de chêne évoluent vers une présence nettement marquée du chêne pubescent à côté du sessile x pubescent, mais le chêne sessile reste dominant en-dessus de 1000 m d'altitude environ. Si la présence du chêne pubescent n'atteint pas des niveaux que laisserait supposer le caractère quasi méditerranéen des Follatères, c'est probablement parce que cette zone à forte insolation reste localement à l'abri des brises desséchantes de vallée (fig. 16) et du foehn (fig. 17).

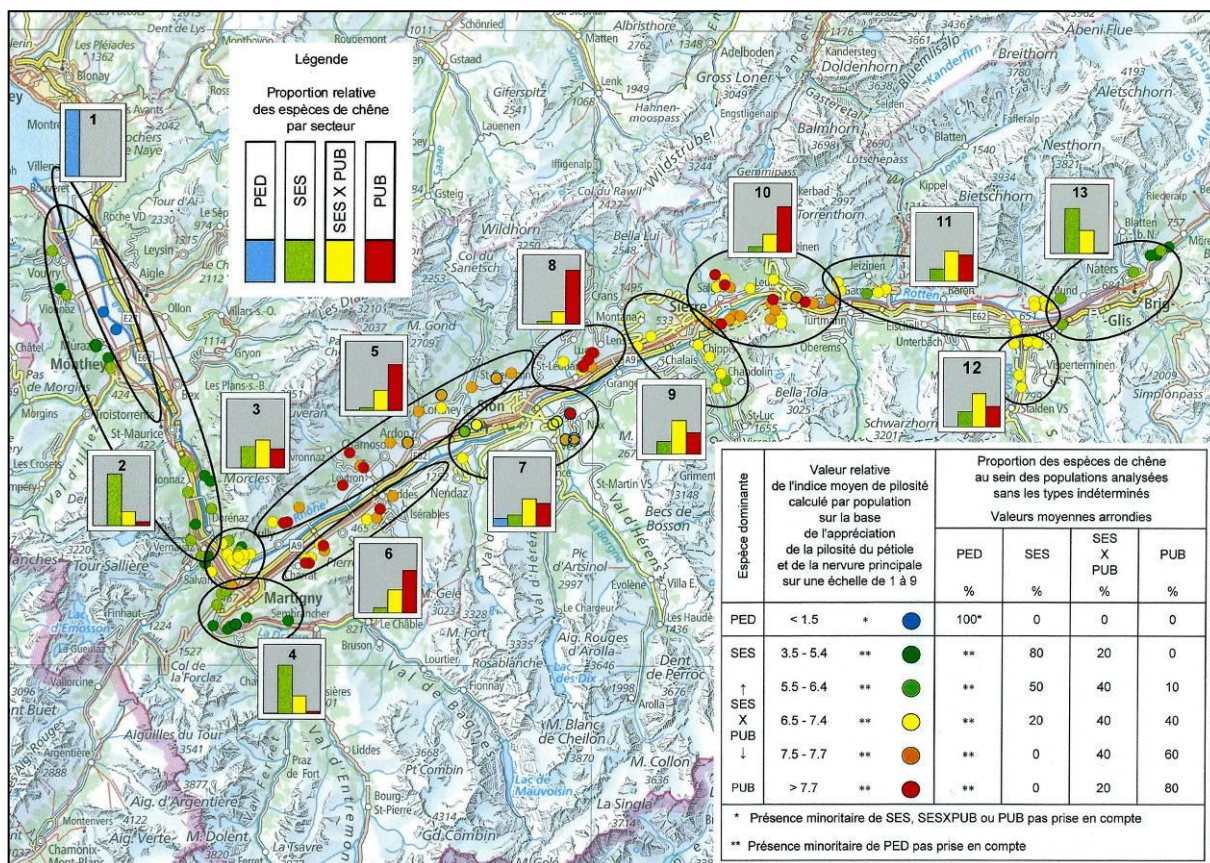


Fig. 14 Canton du Valais - Carte des populations de chêne étalonnées en fonction d'un niveau moyen de pilosité, regroupées par secteurs géographiques

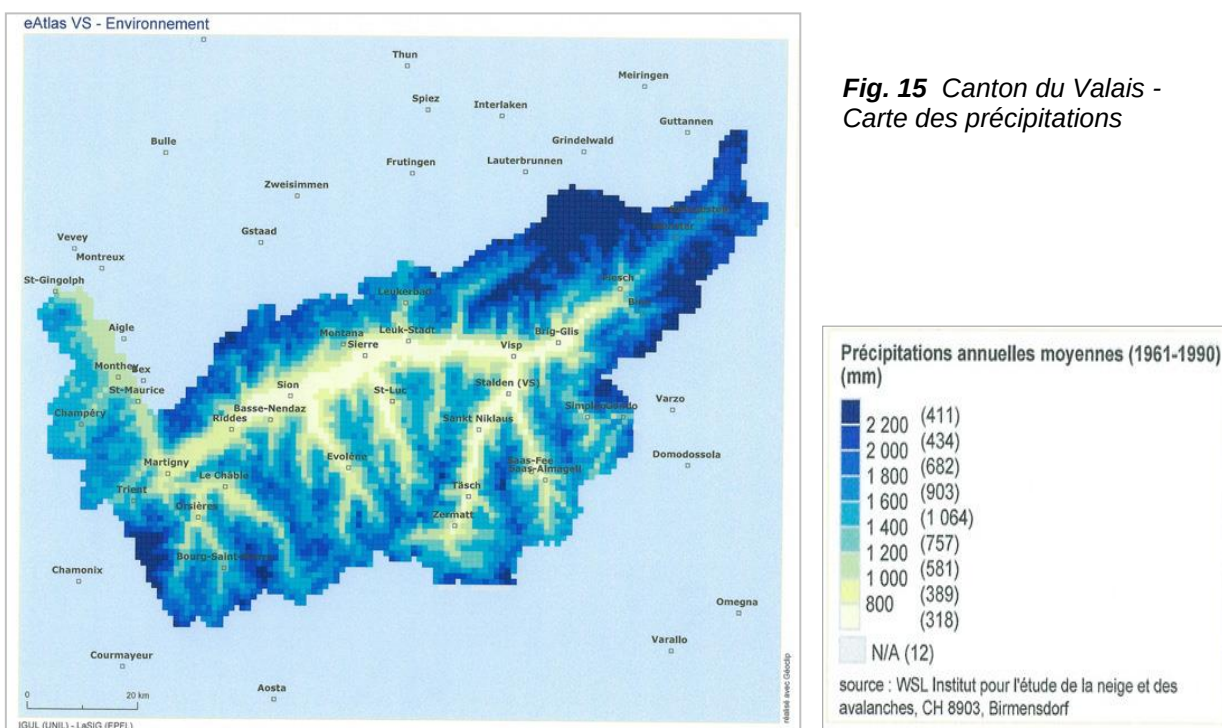


Fig. 15 Canton du Valais - Carte des précipitations

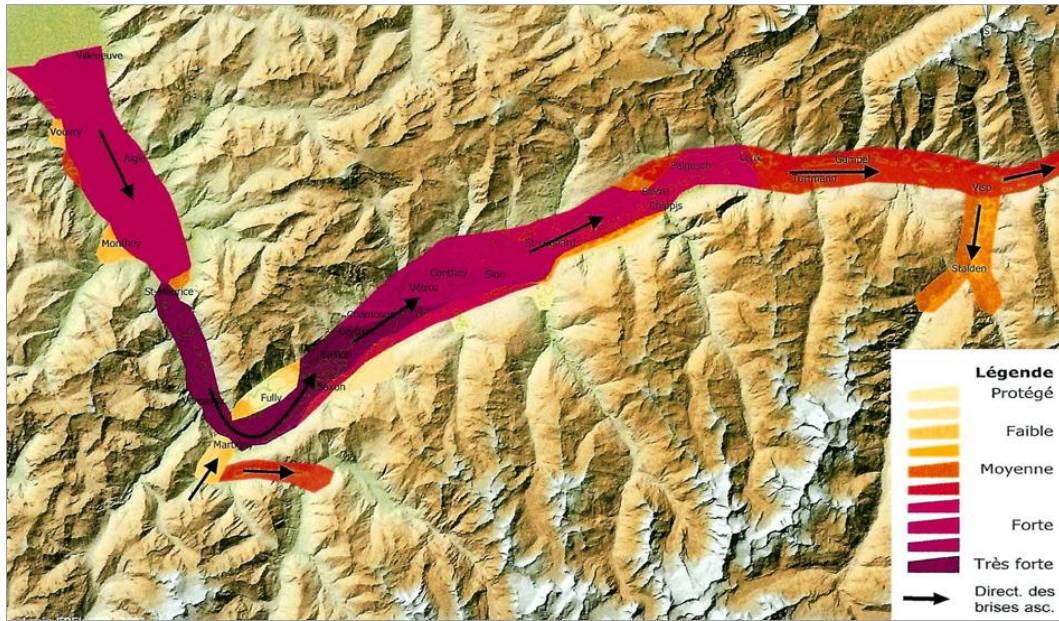


Fig. 16 Intensité de la brise ascendante (diurne) dans le vignoble valaisan (Pythoud 2007)

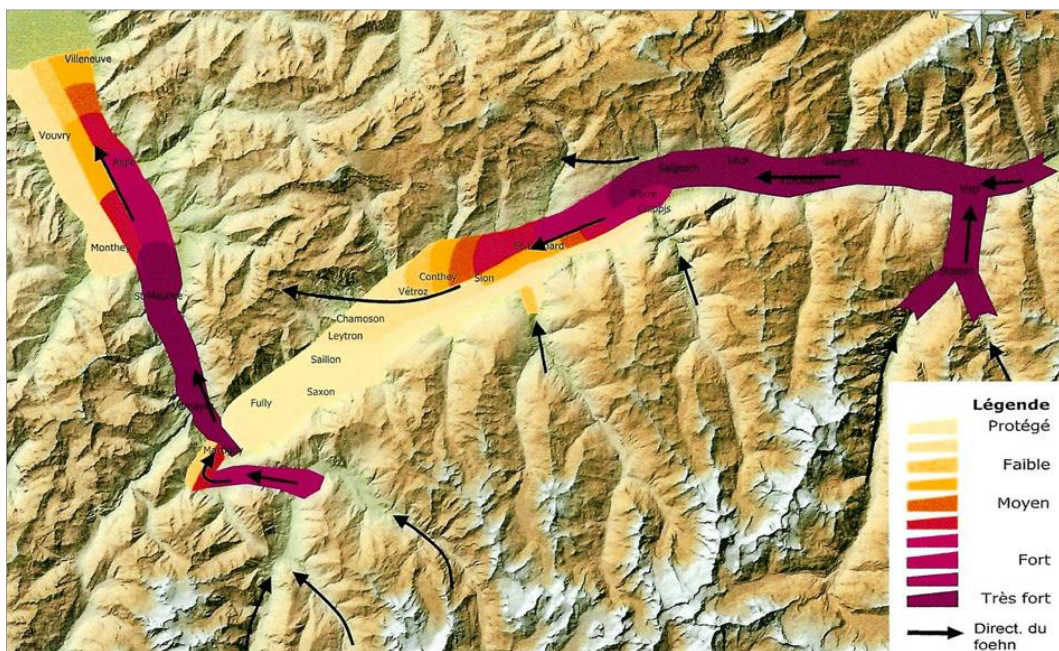


Fig. 17 Intensité du foehn dans le vignoble valaisan (Pythoud 2007)

4. Bas de la vallée de la Drance

Dès l'entrée dans la cluse marquant le début de la vallée La Drance, les populations de chêne réagissent aux paramètres climatiques plus rudes et aux sols plus profonds qui caractérisent globalement les vallées latérales. Des courants frais provenant du massif du Mont-Blanc influencent également la partie inférieure du secteur. La pluviométrie dépasse les 1000 mm d'eau par année. Le chêne sessile est dominant par rapport au sessile x pubescent, alors que le pubescent n'apparaît que dans les milieux particulièrement ensoleillés et arides.

5. De Fully à Conthey en rive droite du Rhône

Le secteur de Fully à Conthey, en rive droite du Rhône, est marqué par une forte présence de chênes pubescents sous l'influence d'un climat local caractérisé par une exposition sud-est favorable à une insolation élevée dès le début de la journée. Le niveau moyen d'aridité serait probablement plus élevé en cas de forte exposition aux brises de vallées (fig. 16) et au foehn (fig. 17), car celui-ci souffle en altitude pour passer au-dessus de la chaîne des Muverans. Par ailleurs, dès la sortie de Martigny, la pluviométrie diminue rapidement vers l'amont, un phénomène mal représenté par les cartes pluviométriques mais bien connu des viticulteurs (communication V. Zufferey).

6. De Charrat à Riddes en rive gauche du Rhône

Bien que situé au bas d'un versant d'orientation nord-ouest, le secteur de Charrat à Riddes possède des populations de chênes globalement identiques au précédent qui lui fait face. Egalement pauvre en pluviométrie, ce secteur subit l'influence desséchante des violentes brises montantes qui caractérisent ce secteur par rapport au reste du Valais (Pythoud 2007, fig. 16 et 18). En période de végétation, il bénéficie globalement d'une insolation journalière comparable à son vis-à-vis car l'insolation matinale légèrement plus tardive est compensée par celle prolongée de fin de journée. La proportion du chêne pubescent dépasse pratiquement toujours celle du sessile x pubescent, alors que le sessile reste très discret, même souvent absent localement.

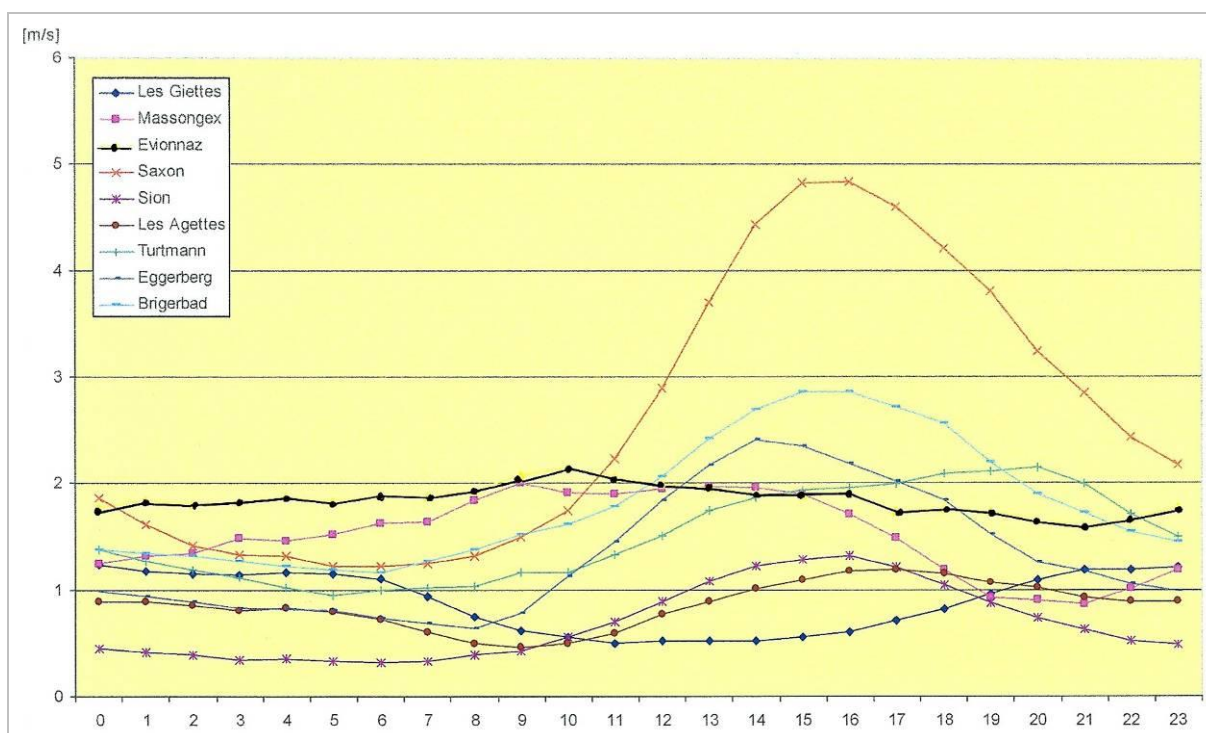


Fig. 18 Vitesses moyennes horaires des stations de mesure des vents du réseau Resival en 2006 (Pythoud 2007)

7. Sion et environs

Selon une étude géopédologique des vignobles de ce secteur (Letessier & Marion 2007b), les zones occupées par les peuplements riches en chênes se situent comme la plupart des vignes sur des sols très profonds, de texture moyenne, sans cailloux (ou peu caillouteux), à très forte réserve en eau issus de loess et de formations dolomitiques. Les trois espèces de chêne du complexe sessile/pubescent sont pratiquement toujours présentes, codominées par le pubescent et le sessile x pubescent, le sessile restant en retrait. Ce secteur offre la particularité d'une étonnante présence de chênes pédonculés mélangés avec les autres espèces dans les deux tiers des populations, une exception fréquente dans les environs de Vex et Nax. Particulièrement originale, elle fait l'objet d'un chapitre à part (chap. 35).

8. St-Léonard et environs

Les principales populations de chêne du secteur de St-Léonard et environs occupent le versant sud-est de la colline du Châtelard qui culmine à 1272 m d'altitude. Au sein des peuplements riches en chênes, le pubescent domine largement le sessile x pubescent jusqu'au sommet du Châtelard, alors que le sessile n'est régulièrement présent qu'au-dessous de 800 m d'altitude, probablement en raison de sols plus profonds, à meilleure capacité de rétention en eau. Cette large répartition altitudinale des chênes se situe au cœur du climat sec, doux et ensoleillé caractérisant le Valais central. Elle confirme que « les conditions topographiques des vallées valaisannes engendrent des comportements météorologiques bien différents de ceux rencontrés dans les systèmes montagneux à proximité du plateau. Certains endroits, bien que situés à des altitudes relativement élevées, ont des hauteurs d'eau annuelles bien inférieures aux standards helvétiques » (Pythoud 2007).

9. Sierre et environs

Bien que connu comme l'endroit le plus sec de Suisse, situé au cœur du climat sec, doux et ensoleillé du Valais central, le secteur de Sierre et environs abrite des populations de chêne où la proportion du sessile x pubescent dépasse généralement celles du pubescent et du sessile, ces derniers présents à parts égales, un ensemble moins marqué qu'attendu au niveau de l'aridité apparente des sols. En fait, de manière similaire à ce qui est observé dans le secteur 6 « Sion et environs » en lien avec la géopédologie locale, l'influence du Val d'Anniviers sur les populations de chêne se fait sentir jusqu'en plaine, mais cependant insuffisamment pour permettre au chêne pédonculé de s'installer.

10. De la forêt de Finges à Tourtemagne

Le secteur de la forêt de Finges à Tourtemagne se situe toujours dans le cœur du climat du Valais central. Il est caractérisé en fond de vallée par des conditions géomorphologiques particulières constituées d'alluvions et de nombreuses collines ou éminences issues d'éboulements descendus des grandes dalles calcaires du versant droit de la vallée. La proportion des chênes pubescents est toujours largement dominante par rapport à celle du sessile x pubescent, alors que le sessile n'apparaît que dans des franges stationnelles relativement restreintes, sur les sols les moins bruts, en bordure des étangs de Finges (proportion de 20%) ou au haut de la forêt de Finges (Bouthanbrücke, alt. 840 m).

11. De Gampel à Viège et environs

La vallée du Rhône se ressert brusquement entre versants nord et sud, avec un climat devenant plus frais. Concurrencée par les autres essences, la présence du chêne régresse nettement. Elle est même pratiquement absente sur le versant gauche de la vallée alors qu'en rive droite, encore bien ensoleillée et soumise à l'action du foehn, les populations de chênes sont dominées par le sessile x pubescent et, dans une moindre mesure, par le pubescent. Cependant, le chêne sessile est toujours présent, amorçant une transition vers sa dominance plus en amont.

12. De Viège à Stalden

Bien que s'enfonçant profondément dans la vallée de la Viège, le secteur de Viège à Stalden est marqué par un climat encore très favorable à la présence du chêne, comme d'ailleurs à la viticulture, bien davantage que dans les autres vallées latérales de la rive gauche du Rhône. Une faible pluviosité et la forte exposition au foehn expliquent probablement cette situation exceptionnelle. Les proportions respectives des espèces de chêne ne diffèrent pratiquement pas du secteur de plaine adjacent (de Gampel à Viège), même si les conditions d'ensoleillement sont assez différentes.

13. De Viège à Mörel

Dès la sortie de la zone d'influence climatique de la vallée de la Viège sur la vallée du Rhône, les populations de chêne marquent clairement leur entrée dans un climat plus rude à la pluviométrie en augmentation. Le sessile devient rapidement majoritaire par rapport au sessile x pubescent, alors que le pubescent n'apparaît plus que très ponctuellement, une situation identique à celle du secteur des versants du Bas-Valais. Aucun groupe de chêne n'a été repéré au-delà du village de Mörel.

La dynamique d'adaptation des populations de chêne intègre donc de manière assez claire et logique les grands traits d'un climat modelé par la topographie, un constat traduit par la proportion variable des espèces de chêne du complexe sessile / sessile x pubescent / pubescent. Cette observation basée sur la morphologie du feuillage des chênes anime actuellement un approfondissement des connaissances au niveau des mécanismes génétiques et physiologiques impliqués (par ex. Rellstab & al 2016a, 2016b, Reutimann 2020a, 2020b).

35. Cohabitation hors norme des espèces de chêne

Le secteur chaud et aride de Sion et environs (secteur 7, voir chap. précédent) présente la particularité de disposer d'une majorité de populations de chêne où se côtoient régulièrement et en proportions variables toutes les espèces concernées par la clé de détermination proQuercus (*Q. robur*, *petraea*, *petraea* x *pubescens*, *pubescens*). Ce phénomène, unique dans l'ensemble des populations valaisannes analysées, a fait l'objet d'une prospection supplémentaire en juin 2019, après consultation approfondie de diverses contributions constituant la documentation relative aux terroirs viticoles valaisans (Pythoud 2007, Letessier & Marion 2007a, 2007b), lesquels côtoient régulièrement la présence des chênes.

Le principal secteur concerné par la cohabitation hors normes des quatre espèces de chêne est pratiquement limité à une seule unité géologique affleurant à ce niveau de la rive gauche du Rhône: la zone houillère de la nappe pennique du Briançonnais, avec ses schistes sombres, grès et par endroit conglomérats (fig. 19).

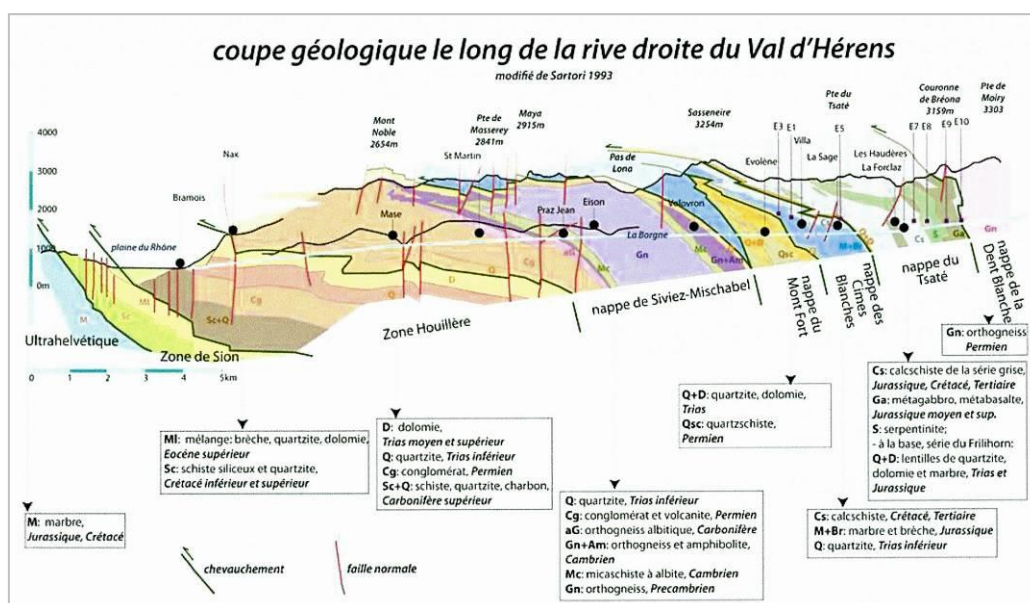


Fig. 19 Géologie du Val Hérens, avec en particulier la mention de la zone houillère de la nappe pennique du Briançonnais (tiré de Letessier & Marion 2007a)

Ces formations sont largement diversifiées par des moraines cristallines et des loess déposés irrégulièrement après le retrait des glaces, le tout accompagné de cornieules, brèches dolomitiques et gypses. Elles sont bien reconnaissables à leur matrice de sables jaunes (fig. 20). Des éboulis superficiels provenant des barres rocheuses qui les dominent sont localement présents (fig. 21), mais le socle rocheux est pratiquement invisible.



Fig. 20 Sol typique où se développent des populations de chêne composées à parts variables de pédonculé, sessile, sessile x pubescent et pubescent



Fig. 21 Couverture locale des sols par des éboulis superficiels

Ces épais dépôts offrent au développement des racines des chênes un espace pratiquement libre de contraintes, sinon celle de la concurrence du système racinaire des arbres voisins en forêt fermée. Relativement perméables, ils disposent de réserves élevées en eau, principalement renouvelées par des circulations latérales profondes qui assurent une alimentation hydrique sur tout le cycle végétatif, permettant notamment à la vigne de se passer d'irrigation quel que soit le climat annuel (Letessier & Marion 2007a, 2007b). Une étude française du système racinaire du chêne pédonculé en conditions édaphiques non contraignantes a montré qu'il peut se développer latéralement jusqu'à 20 m de l'arbre adulte et jusqu'à plus de 4 m en profondeur (Lucot & Bruckert 1992). Il est donc possible d'en conclure que, dans un climat aussi chaud et sec que celui du Valais central, le gland de chêne pédonculé bénéficiant de conditions favorables au développement de ses pivots racinaires (probablement une année à pluviométrie élevée) trouvera une fragile place dans le complexe des espèces de chêne colonisant les lieux.

L'observation in situ des populations les plus riches en chênes pédonculés (entre 15 et 30 % du nombre total de chênes par population, fig. 22) a révélé l'exceptionnelle originalité de cette cohabitation de toutes les espèces de chêne dans la zone houillère du débouché du Val d'Hérens sur la plaine du Rhône. C'est l'unique zone conséquente où ce phénomène a été observé non seulement en Valais, mais à notre connaissance dans l'ensemble de la Suisse, à ne pas confondre avec l'apparition sporadique de quelques tiges d'une espèce de chêne hors de son contexte stationnel habituel ou dans une microstation. La végétation au sol typique des milieux arides et chauds du Valais central (fig. 23 et 24) ne laisse pourtant en rien deviner la présence régulière du chêne pédonculé. De fait, à l'état isolé, c'est-à-dire sans contrainte au niveau du développement de son système racinaire, le chêne pédonculé peut manifester une belle vitalité avec sa capacité de prospecter en profondeur plusieurs centaines de m³ de sol (Lucot & Bruckert 1992), ce que confirme la présence isolée de cette espèce de chêne au-dessus de pelouses très xérophiles (fig. 25).

Numéro cantonal unique	Localité/Lieu-dit	Coordonnées	Alt (m)	Pente (%)	Exp.	Pourcentage d'espèces (%)			
						PED	SES	SES X PUB	PUB
						%	%	%	%
VS180	Nax/Creux de Nax	598200/119870	740	55	O	28	6	6	61
VS181	Vernamiège/Les Barmes	598490/117760	875	80	SO	17	17	39	28
VS184	Vex L'Atiore	597845/117830	740	65	NE	17	22	22	39
VS209	Vex /Sutor	596850/119030	765	140	NE	21	14	36	29
VS211	Sion/La Créta	597140/119240	700	45	NE	21	21	36	21

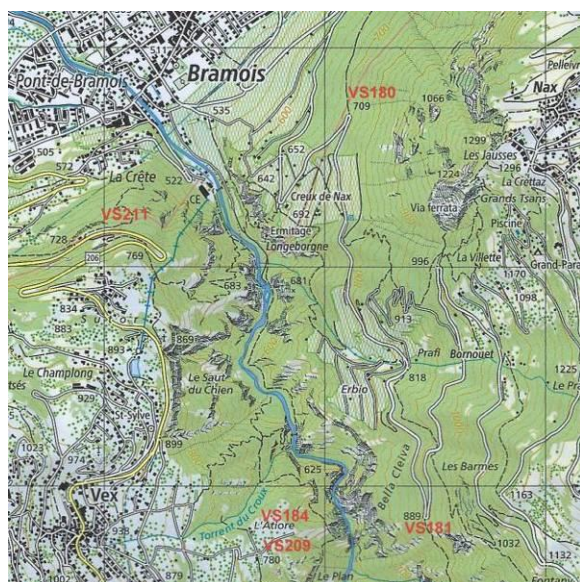


Fig. 22 Localisation et description des populations où cohabitent les chênes pédonculés (PED), sessile (SES), sessile x pubescent (SESXPUB) et pubescent (PUB) au débouché du Val d'Hérens sur la vallée du Rhône



Fig. 23 Nax/Creux de Nax - Végétation xérophile avec *Hippocrepis emerus* L., *Carex alba* Scop., *Carex montana* L., *Melica uniflora* Retz., etc.



Fig 24 Vernamiège/Les Barmes - Chêne pédonculé en compagnie de *Stipa pennata* s. str. !



Fig. 25 Vernamiège /Les Barmes – Chêne pédonculé isolé, en pleine vitalité, sur pelouse xérophile

Dans le même secteur, l'état sanitaire du pédonculé se présente différemment en peuplement fermé. Dans ce cas, la cohabitation du chêne pédonculé et des chênes du complexe sessile/pubescent témoigne de la fragilité du premier (fig. 26 et 27). Selon toute vraisemblance, la succession récente d'années caniculaires et sèches s'est répercutée en profondeur sur le système racinaire du chêne pédonculé, confirmant des capacités moindres de surmonter physiologiquement les déficits hydriques que les espèces du complexe sessile/pubescent.

Fig. 26 Nax/Creux de Nax. Chêne pédonculé affaibli (gauche), voisin immédiat d'un sessile x pubescent (droite)



Fig. 27 Sion/La Crêta – Groupe de chênes pédonculés particulièrement dépérissants

L'herbier des chênes du canton du Valais a permis de prendre la mesure de la plasticité du chêne et l'adaptabilité de ses populations en fonction des paramètres environnementaux. L'amélioration des connaissances a mis en relief la possibilité de vérifier l'influence commune de nombreux paramètres environnementaux sur le vignoble et l'aire de répartition des chênes. Dans les deux domaines, la meilleure des connaissances scientifiques devra pourtant toujours composer avec des complexités locales pratiquement impossibles à mettre en évidence sans procéder à une investigation approfondie et critique des réalités de terrain.

36. Remerciements

Chef de l'arrondissement forestier du Bas-Valais jusqu'en mars 2018, Roland Métral a été le moteur de la constitution de l'herbier des chênes du Valais. Il a encouragé de nombreux membres du Service des forêts et du paysage à participer dans un bel esprit d'équipe et de découverte aux journées de récolte et de détermination des feuilles de chêne. Convaincu des atouts du chêne pour atteindre durablement des objectifs de protection des infrastructures, par ex. en lieu et place des populations dépérissantes de pin sylvestre, Roland Métral a su donner un sens très concret à ce projet de recherches appliquées. Merci !

4. L'herbier des chênes du canton de Genève (930 feuilles prélevées dans 49 populations)

41. Contexte

Connu pour l'évolution rapide de sa végétation suite à l'abandon du régime du taillis ou taillis sous futaie après la deuxième guerre mondiale (Werdenberg & Hainard 1989, 2000), le canton de Genève pratique depuis quelques années une gestion très active de son patrimoine forestier riche en chênes, en particulier pour assurer son rajeunissement et garantir ainsi sa durabilité à long terme. En 2015, le Service du paysage et des forêts du canton de Genève a lancé une étude phytosociologique portant sur l'identité des forêts de chêne du canton (Delarze 2015). Fort du développement de la clé de détermination des chênes sous l'égide de l'association proQuercus (Horisberger 2016, 2020a) et de l'expérience acquise dans l'élaboration et l'analyse des herbiers des cantons de Vaud et du Valais (voir ci-dessus), le projet de création d'un herbier genevois s'est alors imposé pour préciser l'identité des populations de chêne et leur relation avec le milieu.

42. Récolte du matériel d'herbier

L'impossibilité d'atteindre aisément la couronne des arbres adultes, même avec un coupe-branche, et l'insuffisance de feuilles de qualité susceptibles d'être récoltées à terre en période estivale ont conduit à systématiser la récolte des feuilles à l'époque de leur chute, en veillant à sélectionner un matériel de la meilleure qualité possible.

La localisation des populations de chêne destinées à fournir le matériel d'herbier (fig. 28) a résulté d'un choix opéré par le service forestier du canton de Genève, choix focalisé sur des peuplements homogènes riches en chênes couvrant des stations également homogènes ou des mosaïques stationnelles clairement identifiables (par ex. terrain plat traversé par un fossé, bas de pente bordé par une berge de cours d'eau, etc.). Il s'agit donc d'une collection de populations et non d'un panorama exhaustif de l'ensemble des forêts genevoises, objectif qui ne peut être atteint que par un inventaire dendrométrique systématique.

Au terme du projet, ce matériel récolté dans 41 populations différentes représentatives de la sylvé genevoise sera déposé et définitivement conditionné au Musée botanique de Lausanne.

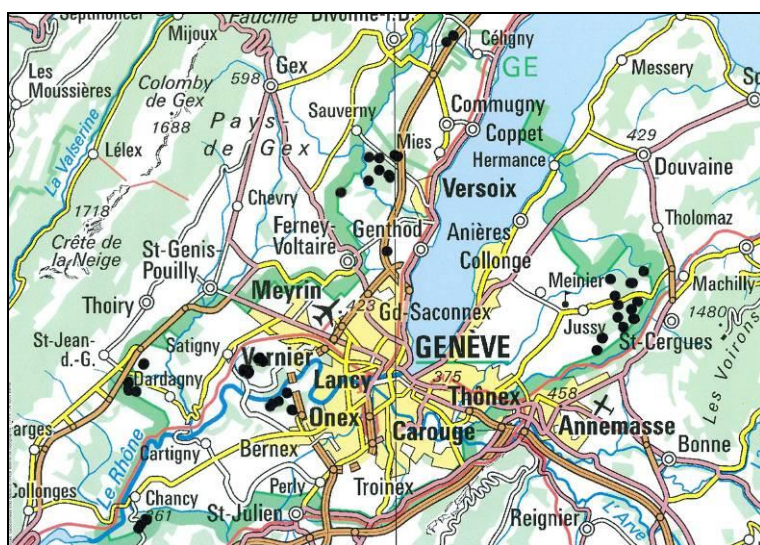


Fig. 28 Localisation des populations analysées dans le canton de Genève (ronds noirs)

43. Milieux naturels

Le canton de Genève jouit d'un climat tempéré de type subocéanique. Il bénéficie actuellement d'une température moyenne d'environ 10 à 11° C, avec une pluviométrie variant autour de 950 mm/an, ce qui en fait une des régions les plus sèches du Plateau suisse (Theurillat & al 2011), mais loin derrière le Valais central et ses 600 mm/an, et même derrière Bâle (840 mm/an) ou encore Schaffhouse (910 mm/an).

Le canton de Genève dispose depuis 1948 d'une carte phytosociologique couvrant l'ensemble des forêts, bien que sa publication ait passablement tardé (Etter & Morier-Genoud 1963, fig. 29). Cette contribution visait en particulier l'accompagnement de la restauration des taillis genevois, avec la conviction que la végétation forestière du canton de Genève se différenciait nettement de celle du reste du Plateau suisse, une approche admise jusque dans les études les plus récentes (Delarze 2015).

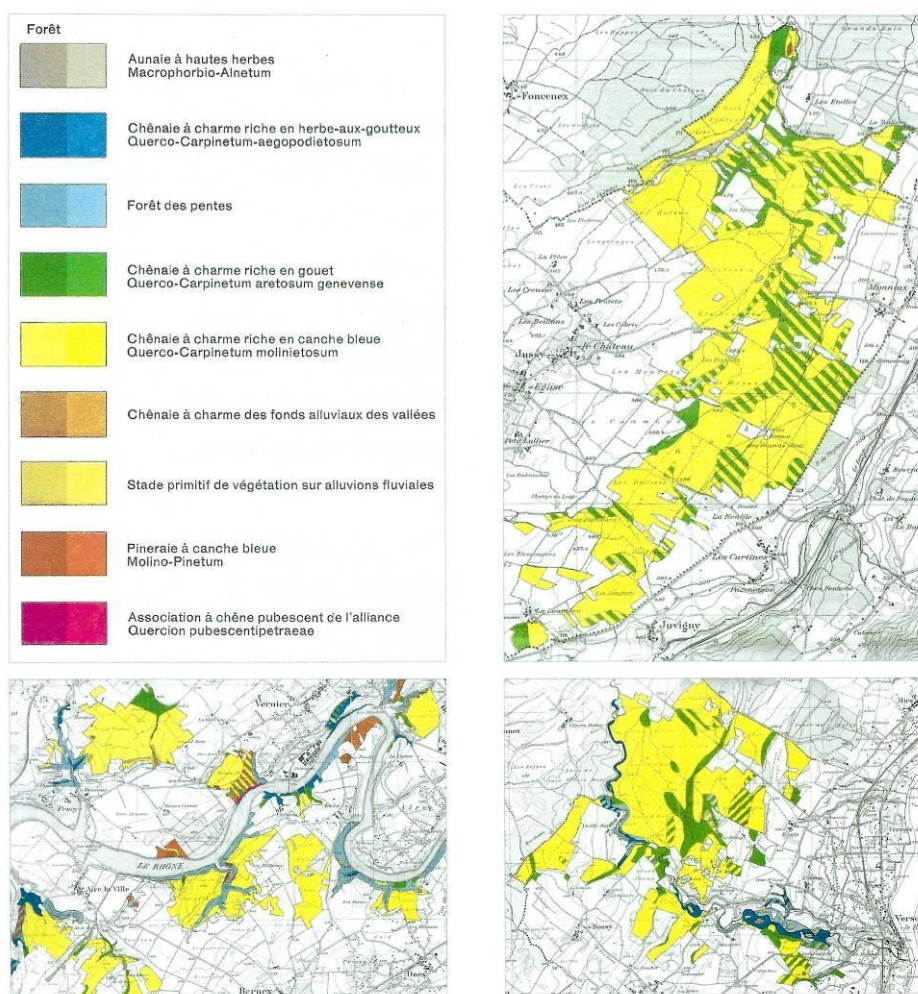


Fig. 29 Carte phytosociologique des forêts du canton de Genève (extraits)
(Etter & Morier-Genoud 1963)

Si la carte phytosociologique des forêts publiée en 1963 reflète les grands traits géomorphologiques du canton de Genève, sa méthode d'élaboration juxtapose des données phytosociologiques à celles de faciès forestiers en lien avec la gestion traditionnelle des taillis ou taillis-sous-futaies dominés par le chêne. Bien que diverses formes de chênaies paraissant bien établies soient devenues emblématiques de la foresterie genevoise, une profonde dérive vers une végétation forestière plus mésophile a été constatée suite à l'abandon de la gestion en taillis après la seconde guerre mondiale, avec régression des espèces héliophiles (Werdenberg & Hainard 1989, 2000). Pourtant, ce constat n'a à ce jour pas été suivi d'une véritable remise en cause de la nomenclature traditionnelle et originale des associations forestières genevoises.

Analysés à l'aide du référentiel utilisé pour déterminer les associations végétales du canton de Vaud (Horisberger & Meylan 2009a), référentiel indépendant des faciès forestiers et proche de celui d'Ellenberg & Klötzli (1972), les relevés des trois principaux types de chênaie publiés par Etter & Morier-Genoud (1963, fig. 30) sont tous attribués à des hêtraies, exception faite de deux relevés riches en espèces hydrophiles attribués à des frênaies. Ce constat exprime l'impossibilité pour le chêne de dominer naturellement les autres essences, un point de vue corroboré par l'observation du comportement concurrentiel des chênes dans les 47 peuplements ayant fourni les feuilles de l'herbier du canton de Genève. La présence du hêtre a paru étonnamment régulière, ce que confirme l'atlas de la flore du canton de Genève (Theurillat & al 2011) où l'espèce est taxée de « très fréquente ». L'extrême rareté de chênes présentant une pubescence accentuée (9 feuilles attribuées à l'intermédiaire sessile x pubescent sur un total de 933 feuilles conditionnées en herbier) corrobore l'absence de milieux permettant au chêne d'approcher des conditions de concurrence favorables à l'installation de chênaies au sens phytosociologique du terme. D'ailleurs, même la charmaie à gaillet des bois (*Galio silvatici-Carpinetum*, E+K 35), théoriquement favorable à l'installation du chêne et quasi circonscrite au canton de Genève dans la révision de la classification d'Ellenberg & Klötzli, a été reconnue comme un produit de la gestion traditionnelle des forêts en taillis (Keller & al 1998).

Taxation selon syntaxe Etter & Morier-Genoud (1963)	No de relevé	Coordonnées		Taxation selon syntaxe VD	
		X	Y	No	Nom
Chênaie à charme riche en canche bleue <i>Quercus-carpinetum molinietosum</i>	400	498600	128750	111m	Hêtraie à aspérule acido-xérophile, variante à humidité variable
	401	511150	121750	111	Hêtraie à aspérule acido-xérophile
	410	492990	118750	122	Hêtraie à pulmonaire méso-xérophile
	413	488900	119200	122m	Hêtraie à pulmonaire méso-xérophile, variante à humidité variable
	416	489600	119700	112m	Hêtraie à aspérule méso-xérophile, variante à humidité variable
	417	493950	117750	122(m)	Hêtraie à pulmonaire méso-xérophile, prob. variante à humidité variable
	424	496550	118400	122(m)	Hêtraie à pulmonaire méso-xérophile, prob. variante à humidité variable
	VD	501600	113500	122m	Hêtraie à pulmonaire méso-xérophile, variante à humidité variable
	F	502530	135570	115(m)	Hêtraie à aspérule mésophile, prob. variante à humidité variable
Chênaie à charme riche en gouet <i>Quercus-Carpinetum aretosum genevense</i>	403	511900	123150	128	Hêtraie à pulmonaire méso-hygrophile
	404	511900	121750	128	Hêtraie à pulmonaire méso-hygrophile
	421	498800	127250	125m	Hêtraie à pulmonaire mésophile, variante à humidité variable
	409	493200	118750	135	Hêtraie à gouet mésophile
	415	489705	119800	125m	Hêtraie à pulmonaire mésophile, variante à humidité variable
	419	486400	117600	128m	Hêtraie à pulmonaire méso-hygrophile, variante à humidité variable
	A	499500	112800	128	Hêtraie à pulmonaire méso-hygrophile
	B	500600	114300	125m	Hêtraie à pulmonaire mésophile, variante à humidité variable
	C	500600	114300	128	Hêtraie à pulmonaire méso-hygrophile
	D	502300	114300	128	Hêtraie à pulmonaire méso-hygrophile
Chênaie à charme riche en herbe-aux-goutteux <i>Quercus-Carpinetum aegopodietosum</i>	E	502300	114300	136	Hêtraie à gouet basophile
	423	500200	122650	136	Hêtraie à gouet basophile
	420	498350	126900	128	Hêtraie à pulmonaire méso-hygrophile
	418	492800	114950	500	Frênaie sp
	414	489350	119900	128	Hêtraie à pulmonaire méso-hygrophile
	431	485500	109900	128	Hêtraie à pulmonaire méso-hygrophile
	538	486750	117700	500	Frênaie sp
	b	506000	125050	136	Hêtraie à gouet basophile

Fig. 30 Correspondance entre taxations phytosociologiques des forêts riches en chêne selon Etter & Morier-Genoud (1963) et la syntaxe utilisée dans le canton de Vaud

La diversité stationnelle du canton de Genève est régie par des paramètres géomorphologiques et pédologiques semblables à travers la presque totalité du canton, soit des dépôts glaciaires et périglaciaires de même composition (Gratier & de Pury 1994). Moraines de fond, dépôts de retrait glaciaire, glacio-lacustre et fluvio-glaciaire forment l'essentiel des matériaux déposés, complétés en période post-glaciaire par des alluvions et colluvions divers. Le relief hérité de l'époque glaciaire a ensuite été modelé en fonction des pentes par l'entraînement des particules vers l'aval, organisant ainsi une chaîne de sols divers au fil des processus d'érosion et de décarbonatation des matériaux morainiques (fig. 31). Toutefois, le trait dominant des sols forestiers occupés par les massifs principaux de chêne reste celui de sols bruns, plus ou moins lessivés, hydromorphes. Ceux-ci conditionnent aujourd'hui la distribution d'une végétation forestière peu diversifiée sous le couvert arborescent, révélant pourtant une fine diversité de milieux, souvent mieux que l'analyse des sols. L'élimination du couvert arborescent provoque une explosion de plantes héliophiles très diverses, dont l'emblématique molinie (*Molinia arundinacea* Schrank). Elles n'apportent toutefois aucun élément indicateur supplémentaire concernant l'adéquation stationnelle des chênes dans le canton de Genève.

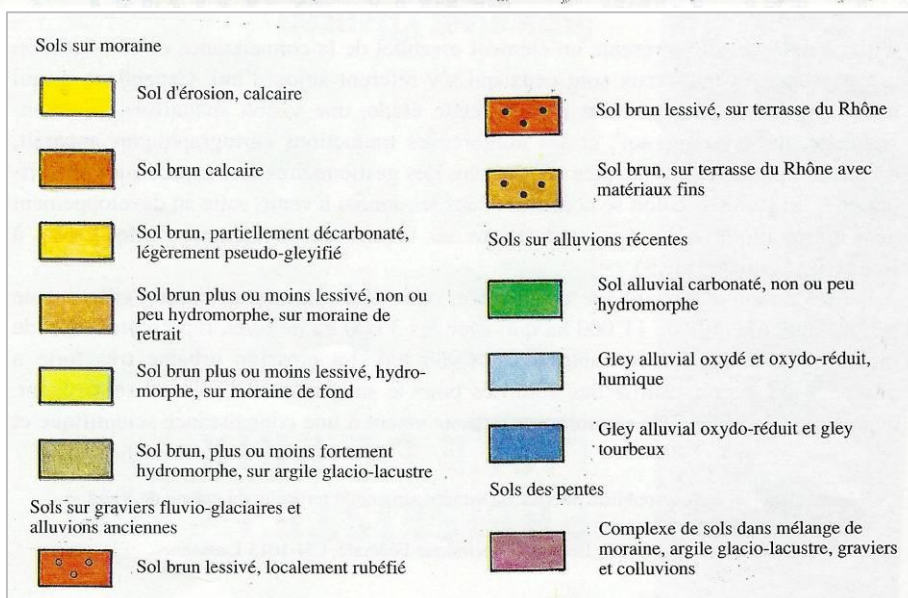
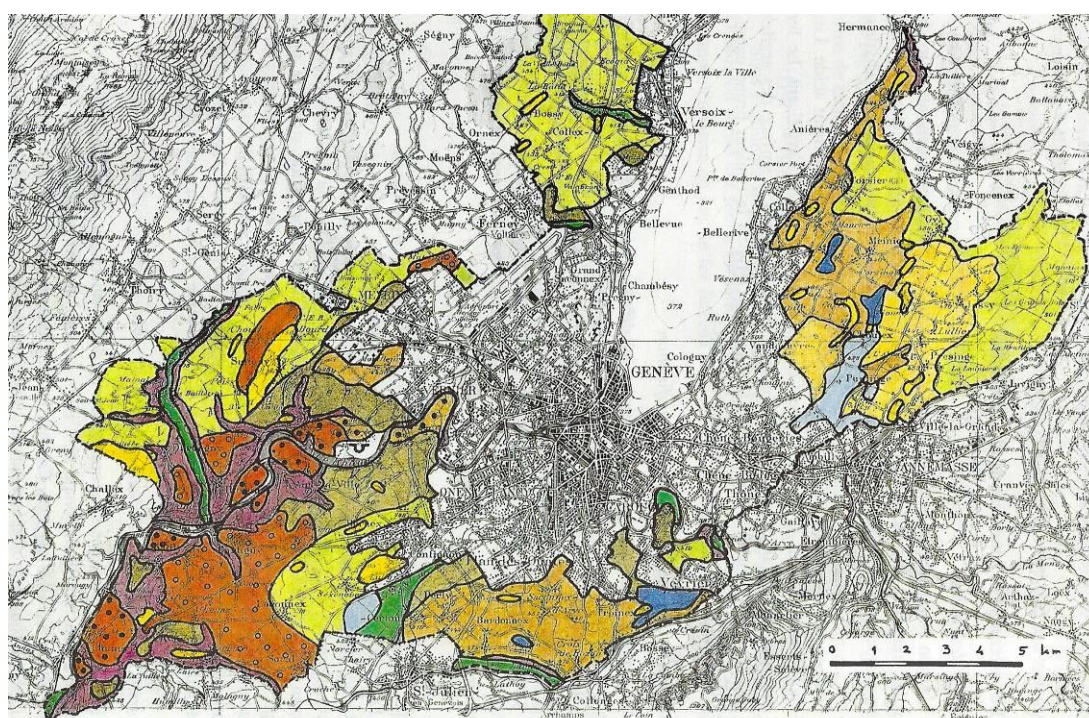


Fig. 31 Carte des sols du canton de Genève (Gratier & de Pury 1994)

44. Répartition et spécificités des types de population de chêne

L'herbier des chênes du canton de Genève apporte une contribution particulièrement remarquable à l'amélioration de la compréhension des facteurs microstationnels régissant la répartition respective des chênes sessile et pédonculé, exceptionnellement de sessile x pubescent (fig. 32). En effet, une majorité des populations étudiées occupe l'aire potentiellement couverte par les groupes stationnels 3 à 5 de la classification vaudoise (fig. 8 et 9), c'est-à-dire dans la mosaïque des stations où se côtoient chênes sessile et pédonculé, avec une présence sylviculturalement problématique du pédonculé s'il ne se trouve pas dans son optimum stationnel constamment bien pourvu en eau.

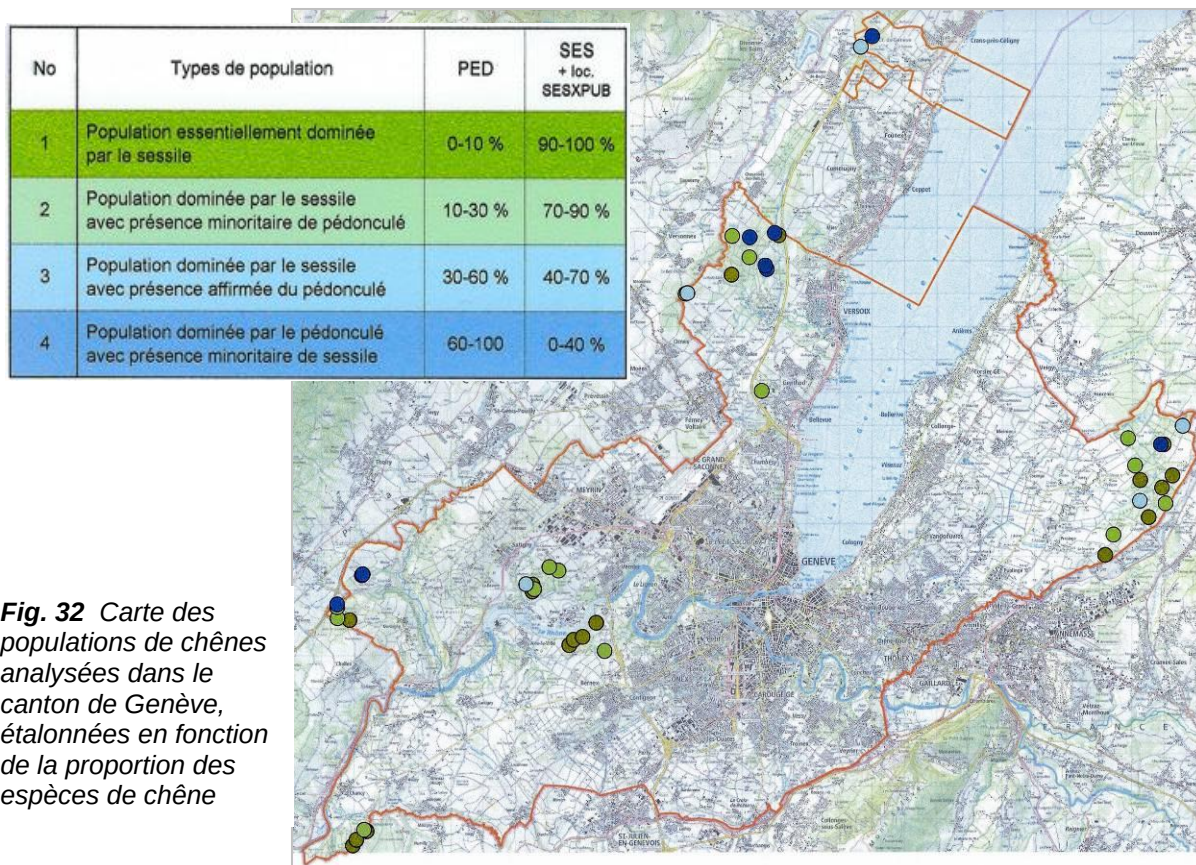


Fig. 32 Carte des populations de chênes analysées dans le canton de Genève, étalonnées en fonction de la proportion des espèces de chêne

En l'absence d'une carte phytosociologique construite à une échelle révélant la fine mosaïque des stations, les 47 populations récoltées ont été classées en 4 groupes représentatifs de la proportion des chênes sessile et sessile x pubescent, resp. du pédonculé (fig. 33). Chacun des sites a été décrit succinctement sous l'angle géomorphologique, complété avec une analyse pédologique dans les cas les plus difficiles à apprécier. Les grandes unités de la carte de végétation d'Etter et Morier-Genoud (1963) ont été mentionnées pour comparaison bien qu'elles ne répercutent pas la complexité des milieux en raison d'une approche trop généraliste, au surplus influencée par la prise en compte des faciès arborescents.

Dans la plupart des cas, la présence affirmée du chêne pédonculé (> 30 % des chênes dans un peuplement) est liée à des conditions lui garantissant un approvisionnement en eau conforme à ses besoins, au moins en profondeur (berges de cours ou de plan d'eau, bassières, fonds de vallonement, pieds de pente, marais). Une présence du pédonculé inférieure à 30 % peut être expliquée pour les mêmes raisons dans environ deux tiers des cas, mais au sein d'une mosaïque plus fine et restreinte de stations lui convenant. Le tiers restant n'est pas explicable par l'observation de la topographie, la géomorphologie ou la végétation, voire même par des sondages du sol à la tarière comme on a pu l'expérimenter à plusieurs reprises. Il concerne le domaine subtil où la répartition des chênes pédonculés et sessiles a été probablement réglée au fil du temps par des stress hydriques exceptionnels jouant sur la capacité des systèmes racinaires à les tolérer, qu'il s'agisse d'hypoxies printanières, mal tolérées par le sessile, ou de déficits hydriques estivaux plus défavorables au pédonculé qu'au sessile (Lévy & al 1986, Lévy & al 1999, Lebourgeois & Jabiol 2002). Expérience faite, l'observation très attentive du comportement des chênes lors d'aléas climatiques exceptionnels permet presque toujours de discerner une relation de cause à effet dans la fragilité des espèces de chêne, réduisant de facto la place du hasard dans leur répartition.

En tout état de cause, les incidences d'un réchauffement climatique dans le canton de Genève devraient logiquement se manifester par une régression du chêne pédonculé au profit du chêne sessile, peut-être avec un mélange plus prononcé de sessile x pubescent, mais sans apparition notable de pubescent en raison de la nature des sols, toujours profonds et favorables aux espèces plus concurrentielles, surtout si la pluviométrie globale reste stable.

No cantonal unique	Localité	Lieu-dit	Coordonnée X	Coordonnée Y	Altitude m	Exposition	Pente %	Proportion par espèce ou groupe d'espèces				No de type de population	Chénnaie à charme riche en canche bleue	Chénnaie à charme riche en goud	Chénnaie à charme riche en herbe-aux-jouraux	Forêt des pentes	Moraine de fond wurmienne	Moraine argileuse	Moraine argileuse de fond	Dépôts glaciaires fins	Topographie			
								PED	SES + SESXPUB	PED	SES + SESXPUB										Ensemble 1 à 4	Glaciolastré récent		
								Etter 1963																
								1	2	3	4	1-4	5											
GE001	Satigny	Bois de Merdisel	492540	118155	420	S	<5	0	20	0	100	1	1									1	Plateau	
GE003	Satigny	Bois de Merdisel	492530	117950	415	S	<5	0	20	0	100	1	1										1	Plateau
GE022	Chancy	Bois des Crevasses	486960	110220	425		<5	0	19	0	100	1	1			1						1	Plateau	
GE029	Bernex	Bois de Châtillon	493670	116310	405		<5	0	20	0	100	1	1										1	Plateau
GE030	Bernex	Bois de Châtillon	493805	116470	405	N	<5	0	19	0	100	1	1										1	Plateau
GE031	Bernex	Bois de Châtillon	494080	116560	400	NE	<5	0	20	0	100	1	1										1	Plateau à proximité haut de pente
GE033	Bernex	Pianfonds	494500	116990	405	NO	<5	0	19	0	100	1	1										1	Plateau
GE036	Collex-Bossy	Grand Bois	498670	127590	440		<5	0	20	0	100	1	1				1					1	Haut de versant	
GE021	Chancy	Bois des Bouchets	487390	110660	400	NO	<5	1	19	5	95	1	1			1						1	Haut de versant	
GE051	Jussy	La Monlasses	512240	121470	505		<5	1	18	5	95	1	1					1				1	Plat / Présence de ruisseau	
GE015	Jussy	Bois de Jussy	511920	121100	500	SE	<5	1	18	5	95	1	1	1								1	Plat à proximité de ruisseau ou fossé	
GE018	Jussy	Les Bois de l'Etang (plateau)	511970	122420	485	NO	<5	1	18	5	95	1	1				1					1	Plat à proximité haut de versant	
GE038	Versoir	Bois Colloud	500130	128790	440		<5	1	18	5	95	1	1				1					1	Haut de versant	
GE047	Presinge	Les Jonchets	510180	119050	490		<5	1	18	5	95	1	1									1	Plat	
GE049	Jussy	Les Grands Bois	511510	120200	500		<5	1	18	5	95	1	1									1	Plat / présence de ruisseau ou fossé	
GE019	Chancy	Bois des Bouchets	487070	110400	420	NO	<5	1	17	6	94	1	1									1	Léger versant nord	
GE023	Dardagny	Bois Brûlé	486865	117085	495	NO	<5	1	17	6	94	1	1			1						1	Haut de versant	
GE052	Jussy	Les Feuillettes	511250	121330	490		<5	1	16	6	94	1	1									1	Plat	
n = 18								1	19	3	97	1												
GE024	Dardagny	Bois Brûlé	486490	117145	475	NO	10	2	18	10	90	2				1	1					1	Mi-versant	
GE002	Satigny	Bois de Merdisel	492585	118020	420		<5	2	17	11	89	2	1									1	Plateau	
GE020	Chancy	Bois des Bouchets	487310	110700	395	NO	<5	2	17	11	89	2	1			1						1	Fond de vallon et versant de vallon	
GE048	Presinge	Les Bois d'Ornaz	510430	119670	495		<5	2	17	11	89	2	1									1	Plat	
GE050	Jussy	La Forêt	512030	120620	505		<5	2	17	11	89	2	1									1	Plat	
GE006	Satigny	Les Bois-du-Château	493335	118580	425	O	5	2	16	11	89	2	1	1								1	Versant de vallon	
GE045	Presinge	Les Devants	511090	121770	490		<5	3	16	16	84	2	1									1	Plat à proximité fossé	
GE005	Satigny	Les Bois-du-Château	493050	118690	420		<5	3	12	20	80	2	1	1								1	Léger versant N	
GE013	Versoir	Combe Chapuis	498690	128770	460	NO	<5	4	16	20	80	2	1				1					1	Plat	
GE043	Bellevue	Valavran	499600	124050	425		<5	4	16	20	80	2	1				1					1	Plat à proximité étang	
GE032	Bernex	Chemin de Mennessy (pipeline)	494760	116135	405	SO	<5	4	15	21	79	2	1									1	Plat	
GE041	Collex-Bossy	Bois Prodrom	497255	127010	475		<5	4	13	24	76	2	1	1			1					1	Faible pente à proximité de ruisseau	
GE025	Dardagny	Grands Bois de Roulaive (plat.)	486480	117480	465	NO	10	5	13	28	72	2	1			1						1	Mi-versant	
GE012	Versoir	Bois Sainte-Marie	499220	128120	445	SE	<5	5	12	29	71	2	1				1					1	Plat	
GE046	Gy	Les Rottes	510870	122610	470		<5	5	12	29	71	2	1				1					1	Plat	
n = 15								3	15	18	82	2												
GE035	Céligny	Fressard	502640	134530	460		<5	6	13	32	68	3		1								1	Plat à proximité de ruisseau	
GE016	Jussy	Les Grands Bois	511240	120700	495	NO	<5	7	13	35	65	3	1									1	Plat	
GE044	Jussy	Les Seigneuries	512550	122990	500		<5	6	10	38	63	3	1									1	Plat à proximité ruisseau + étangs	
GE004	Satigny	Bois de Merdisel	492330	118170	405	SO	5	8	12	40	60	3	1				1					1	Berges de ruisseau	
GE042	Collex-Bossy	Bois Prodrom	497310	127030	475		<5	9	10	47	53	3	1				1					1	Plat à proximité de ruisseau	
n = 5								7	12	38	62	3												
GE034	Céligny	Bois-de-la-Commune	502990	134850	460		<5	11	7	61	39	4		1								1	Plat humide	
GE017	Jussy	Les Bois de l'Etang (nant)	511880	122420	480	NO	<5	9	4	69	31	4		1								1	Berges de ruisseau	
GE027	Dardagny	Plateau d'Essertines	487245	118450	455	NE	<5	9	4	69	31	4		1								1	Berges de ruisseau	
GE040	Versoir	Bois Colloud	500000	128860	440		<5	12	5	71	29	4					1					1	Bord de ruisseau	
GE036	Dardagny	Grands Bois de Roulaive (rive)	486480	117570	450	NO	40	11	4	73	27	4				1						1	Berges de ruisseau	
GE037	Versoir	Combes Chapuis	499230	128730	450		<5	14	3	82	18	4	1				1					1	Bas de faible pente sur moraine argileuse	
GE010	Versoir	Bois des Creusons	499760	127760	435	SE	<5	15	2	88	12	4	1				1					1	Plat à proximité zone mouilleuse/étang	
GE028	Dardagny	Ruisseau du Crêt	487270	118480	455	NE	<5	15	2	88	12	4	1				1					1	Bas de pente à l'amont de berges de ruisseau	
GE011	Versoir	Bois des Creusons	499710	127870	435	SE	<5	16	1	94	6	4	1				1					1	Plat à proximité zone mouilleuse/étang	
n = 9								12	4	77	23	4												

Fig. 33 Analyse des populations de chêne du canton de Genève – Les numéros de type de population se réfèrent à la légende de la figure 32

45. Remerciements

Ancien responsable de l'aménagement forestier dans le canton de Vaud, actuellement inspecteur cantonal des forêts et directeur du Service du paysage et des forêts du canton de Genève, Patrik Fouvy porte un regard très pertinent sur les défis posés à la gestion forestière en période de changements climatiques. Dans un canton dont l'histoire est imprégnée de celle du chêne et qui, depuis plus d'un demi-siècle, connaît une profonde mutation de la végétation et des peuplements forestiers, il a activement soutenu la constitution d'un herbier des chênes pour faire le point sur l'état d'un patrimoine exceptionnellement riche de biodiversité. Sur le terrain, Sébastien Carini, technicien forestier au secteur des forêts et arbres isolés, s'est investi sans compter pour choisir les populations de chêne à analyser, organiser les journées de récolte de feuilles, tout en motivant d'autres intéressés à participer au travail. Une collaboration exemplaire qui mérite une grande reconnaissance en attendant le développement du projet d'amélioration des connaissances sur l'adéquation stationnelle des différentes espèces de chêne dans le bassin genevois.

5. L'herbier des chênes du canton de Schaffhouse (400 feuilles issues de 21 populations)

51. Contexte

Le service forestier du canton de Schaffhouse a lancé en 2018 une étude des populations de chêne occupant des milieux relativement arides connus pour être favorables à la présence du chêne pubescent. L'objectif était de préciser le statut régional de cette espèce peu fréquente dans le canton mais indicatrice de milieux riches de biodiversité, un patrimoine naturel à sauvegarder impérativement.

Les peuplements concernés occupent des stations de faible surface et de médiocre productivité au milieu de forêts feuillues ou mixtes productives, un contexte totalement différent des populations pubescentes de référence étudiées en Valais (voir ci-dessus). De ce fait, l'intérêt de comparer les caractéristiques morphologiques des chênes du complexe sessile/pubescent des deux cantons s'est imposé comme une occasion particulière de tester la validité de la clé de détermination proQuercus construite avant tout sur des références de Suisse occidentale (Horisberger 2021a).

52. Récolte du matériel d'herbier

Une récolte de rameaux feuillés dans douze populations occupant des milieux relativement escarpés a pu être opérée en septembre 2018 à l'aide d'un coupe branche, avec malheureusement une possibilité d'accès souvent réduite à de vieilles branches gourmandes. Un soin particulier a donc été apporté pour cibler cette récolte sur des rameaux ayant perdu leurs caractéristiques de gourmands. Une seconde récolte au moment de la chute des feuilles (neuf populations) a permis de compléter l'herbier avec des feuilles ramassées à terre dans des peuplements au feuillage inatteignable depuis le sol et d'ajouter aux récoltes quelques peuplements situés en milieux plus productifs. Au terme du projet, ce matériel d'herbier issu de 21 populations (fig. 34) rejoindra les trois autres précités au Musée botanique de Lausanne.

53. Milieux naturels

Le canton de Schaffhouse dispose d'une carte de végétation couvrante alignée sur la classification des groupements végétaux forestiers et des stations forestières de la Suisse développée par Ellenberg et Klötzli (1972), révisée en 1998 (Keller & al 1998). Construite avec beaucoup de rigueur, elle a permis de cerner de manière cohérente l'appartenance des populations de chêne étudiées aux divers groupements végétaux. La récolte des feuilles à destination de l'herbier a été circonscrite à des surfaces stationnellement homogènes. Cette dernière expression doit être comprise au sens d'une mosaïque de groupements végétaux proches ayant permis à un moment donné de l'histoire l'installation d'une population de chênes issue probablement d'un complexe parental plus vaste. En effet, dès le XIX^e siècle, la gestion des forêts en taillis ou taillis sous futaie garantissant la pérennité du chêne a fait place à des régimes favorisant des essences qui dépassent le chêne dans leur capacité concurrentielle, principalement le hêtre. Ce bouleversement a peu à peu réduit l'espace occupé conjointement par les chênes sessile, sessile x pubescent et pubescent aux stations les plus marginales en terme de productivité.

54. Répartition et spécificités des types de population de chêne

L'analyse du profil des populations de chêne selon la procédure décrite dans le dossier thématique « Développement d'une clé de détermination des chênes indigène au nord de l'Arc alpin suisse et en Valais » (Horisberger 2021a) permet de révéler une originalité propre à chaque herbier, laquelle prend sa source autant dans les paramètres environnementaux que dans l'histoire. Focalisée sur l'étude du statut du chêne pubescent dans le canton de Schaffhouse, les populations étudiées sont classées par indice croissant de pilosité du pétiole et de la nervure principale des feuilles. Une très nette différenciation apparaît entre trois groupes de population (fig. 35).

Fig. 34 Localisation des populations de chêne analysées dans le canton de Schaffhouse, étalonnées en fonction de l'indice moyen de pilosité du pétiole et de la nervure principale des feuilles

- 4,7 (4,5 à 5,0) Dominance sessile
- 6,6 (6,0 à 7,0) Dominance sessile x pubescent
- 7,1 (7,0 à 7,5) Dominance sessile x pubescent et pubescent



No cantonal unique	Localité	Lieu-dit	Coordonnée X	Coordonnée Y	Altitude m	Exposition	Pente %	Station (code E+K)	Détermination finale Total					Détermination finale sans PED et IND					Indices de pilosité	
									Espèce					Espèce					Moy pil lmb	Moy pil pet + ner
									PED	SES	SES X PUB	PUB	IND	SES	SES X PUB	PUB				
									%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	Valeur rel.	
SH017	Stetten	Hohebni	2'690'100	1'287'390	465	W	10	10	0	94	0	0	6	100	0	0	4,8	4,7		
SH018	Stetten	Hohebni	2'690'200	1'287'445	465	-	-	9	0	100	0	0	0	100	0	0	4,8	4,7		
SH019	Stetten	Geissbärg	2'689'740	1'286'380	520	W	5	7a	0	100	0	0	0	100	0	0	4,9	4,7		
SH021	Sibilingen	Langwis	2'680'180	1'286'750	575	S	10	9,10	15	80	0	0	5	100	0	0	4,5	4,7		
SH020	Neunkirch	Hasebärg	2'679'160	1'281'225	510	NW	5	7a, 7as, 7f	10	70	5	0	15	93	7	0	4,9	4,9		
SH010	Merishausen	Stofflehaalde	2'687'235	1'290'370	690	S	50	10, 12e, 14, 35, 39	0	40	45	5	10	44	50	6	5,9	6,0		
SH004	Wilchingen	Sädel	2'677'420	1'277'355	560	SWW	40	10, 14, 15	0	45	25	20	10	50	28	22	5,8	6,1		
SH016	Wilchingen	Grüt	2'679'345	1'278'485	425	SSW	25	10	19	19	44	0	19	30	70	0	6,5	6,3		
SH006	Schaffhausen	Felsetäali	2'689'265	1'285'395	500	SSW	50	14, 35	0	35	50	15	0	35	50	15	6,4	6,4		
SH007	Schaffhausen	Geissbärg	2'689'630	1'286'180	500	W	65	14	0	20	55	15	10	22	61	17	6,7	6,7		
SH008	Schaffhausen	Roosebärg	2'690'025	1'287'420	545	W	65	15	0	20	65	15	0	20	65	15	6,7	6,7		
SH009	Merishausen	Gräate, Eselerugge	2'688'145	1'290'940	690	W	65	14, 35, 39	0	20	60	15	5	21	63	16	6,6	6,7		
SH001	Löhningen	Spittelhaalde	2'683'890	1'284'910	680	SSW	50	15	11	17	50	22	0	19	56	25	6,6	6,8		
SH011	Merishausen	Schlothaalde	2'688'960	1'291'640	750	SW	50	7e, 14, 15, 39	5	15	55	15	10	18	64	18	5,8	6,8		
SH015	Wilchingen	Gmaandacker	2'679'160	1'278'610	455	SSW	20	10	0	17	58	17	8	18	63	18	6,5	6,8		
SH012	Begglingen	Luckehaalde	2'683'760	1'290'675	860	SWW	80	14, 39	0	5	65	5	25	7	86	7	6,1	6,9		
SH013	Wilchingen	Staabbruchhau	2'679'260	1'278'925	615	SW	40	10, 15	0	20	45	35	0	20	45	35	6,4	6,9		
SH003	Wilchingen	Burggruine Radegg	2'680'250	1'278'440	570	S	80	10, 15	0	15	45	35	5	16	47	37	6,7	7,0		
SH014	Wilchingen	Badstighau	2'679'040	1'278'875	515	SW	35	10, 14	0	10	60	30	0	10	60	30	6,4	7,1		
SH002	Wilchingen	Staabbruchhau	2'679'150	1'278'930	570	SW	100	39	0	10	40	50	0	10	40	50	7,4	7,3		
SH005	Wilchingen	Chäppelihaalde	2'679'075	1'277'970	530	W	60	35, 39	0	0	71	29	0	0	71	29	7,4	7,3		
Moy. par zone (couleur)									507	6	5	89	1	0	5	99	1	0	4,8	4,7
Nombre de feuilles déterminées appartenant à autant d'arbres différents: 399									605	51	3	23	52	13	9	26	60	14	6,3	6,6
									560	63	0	11	52	36	1	11	53	36	6,9	7,1

Code E+K	Nom d'association et sous-association		Groupe stationnel	Remarque
7a	Galio odorati-Fagetum typicum	Hêtraie à asperule typique	4	L'attribution des associations et sous-associations à un groupe stationnel de même affinité écologique se réfère à la classification développée pour le canton de Vaud (chap. 622)
7as	Galio odorati-Fagetum typicum, var. avec Stachys silvatica	Hêtraie à asperule avec épiaire des forêts	3	
7e	Galio odorati-Fagetum cornetosum	Hêtraie à asperule avec cornouiller sanguin	4	
7f	Galio odorati-Fagetum pulmonarietosum	Hêtraie à asperule avec pulmonaire	4	
9	Pulmonario-Fagetum typicum	Hêtraie à pulmonaire typique	4	
10	Pulmonario-Fagetum melittetosum	Hêtraie à pulmonaire avec mélitte	6	
12e	Cardamino-Fagetum caricetosum albae	Hêtraie à cardamine avec laiche blanche	6	
14	Carici-Fagetum typicum	Hêtraie à laiches typique	6	
15	Carici- albae-Fagetum caricetosum montanae	Hêtraie à laiches avec laiche des montagnes	6	
35	Galio silvatici-Carpinetum	Charmaie à gaillet des bois	5	
39	Coronillo coronatae-Quercetum	Chênaie à coronille en couronne	8	

Fig. 35 Description des populations de chêne analysées dans le canton de Schaffhouse

a) Les quelques populations collectées sur sols profonds de plateaux, bords de plateaux ou plaine (vert foncé) sont très largement dominées par le chêne sessile, accompagné occasionnellement par le pédonculé et le sessile x pubescent, dans ce cas soit du fait de la dispersion des glands par les oiseaux, soit pour des raisons microstationnelles. Même les deux populations sessiles (SH017 et SH019) côtoyant de près des chênes pubescent et sessile x pubescent (SH008, resp. SH007) n'ont pas révélé d'influence pubescente. L'indice moyen de pilosité de ces populations correspond à celui calculés dans des milieux similaires dans les cantons de Vaud et de Genève, soit 4,7.

b) Avec un indice de pilosité situé entre 6,0 et 6,9, le deuxième groupe (vert clair) compte moins d'un quart de chêne pubescent et la plus forte proportion moyenne de sessile x pubescent (60 %), le tout sur des stations très nettement plus pentues que le premier groupe, toujours en exposition allant du sud à l'ouest. Comme partout dans l'aire de présence du chêne pédonculé, cette espèce apparaît occasionnellement. Toutefois, des amorces de populations de pédonculé ne se forment naturellement que dans des situations qui lui sont favorables (sol bien alimenté en eau), en l'occurrence en pied de versant (SH016, fig. 36) à l'image de ce qui est observé en Suisse dans tout paysage de type collinéen.

c) Les populations les plus riches en chêne pubescent (environ 30 à 50 % des chênes présents) sont caractérisées par un indice de pilosité variant de 6,9 à 7,3. Elles occupent toutes les versants raides orientés sud-ouest de la vallée Wangetel, sur territoire communal de Wilchingen. L'orientation sud-est/nord-ouest de cette vallée, bien abritée des vents entre les collines du Rossbärg et du Napberg, favorise certainement l'existence d'un microclimat plus sec que dans le reste du canton, un microclimat plus propice au chêne pubescent que le groupe précédent.

Par rapport aux populations de chêne étudiées à ce jour dans les cantons de Vaud, du Valais et de Genève, le trait le plus remarquable des populations schaffhousoises mélangées de chênes sessile, sessile x pubescent et pubescent concerne la proportion élevée de l'intermédiaire sessile x pubescent, supérieure à 50 % dans 15 cas sur 16. Malgré la dispersion de ces petites populations de quelques hectares à travers les massifs forestiers, cette exceptionnelle homogénéité démontre la plasticité avec laquelle ces populations s'adaptent régionalement à une réalité historique et environnementale commune sous l'effet de mécanismes d'ordre génétique. Ils sont probablement encore marqués par les processus de recolonisation post-glaciaires qui ne sont éloignés que de quelques dizaines de générations d'arbres (Lefèvre & al 2015).

Dans le canton de Schaffhouse, le lien entre stations décrites par la carte phytosociologique et l'identité des populations de chêne n'est pas évident dans les milieux où se mélangent les chênes sessile, sessile x pubescent et pubescent. Il s'agit d'une mosaïque de stations dont la délimitation trahit le regard personnel de l'auteur de la cartographie, un regard souvent influencé par l'intégration consciente ou non de la notion de faciès forestier. Ce paramètre est régulièrement à l'origine de complications dans la nomenclature phytosociologique. En l'occurrence, comme pratiquement partout en Suisse, les stations dont l'identification risque d'être biaisée concernent la charmaie à gaillet des bois (*Galio silvatici-Carpinetum*, 35 E+K) et la chênaie à coronille en couronne (*Coronillo coronatae-Quercetum*, 39 E+K). A l'origine, la description de la charmaie a été basée sur des relevés du canton de Genève où cette formation s'avère essentiellement cartographiée à partir de faciès (voir plus haut, chap. 43), sans lien évident avec ce qui est décrit sous l'appellation « charmaie » dans le canton de Schaffhouse. Quant à la chênaie à coronille en couronne, elle recouvre un très vaste éventail de milieux correspondant la plupart du temps à la présence de peuplements de chênes pubescents buissonnants ou de faible hauteur, riches en espèces héliophiles, difficiles à cerner sur le plan phytosociologique et souvent très fortement impactés historiquement par des formes extensives de gestion. Cette description de la chênaie à coronille est relativement éloignée de la plupart des populations étudiées dans le canton de Schaffhouse, en particulier si l'on prend comme référence les populations pubescentes du canton du Valais dont l'indice de pilosité peut monter jusqu'à 8,1, contre 7,3 au maximum dans les forêts schaffhousoises, mais aussi les populations méditerranéennes dont l'indice atteint le maximum de 9,0 sur notre échelle (présence exclusive de poils longs typiques du chêne pubescent).

L'adaptation des populations de chêne aux conditions environnementales locales est l'un des enseignements majeurs tiré de l'analyse des herbiers. L'exemple du groupe de populations couvrant le versant sud du Rossberg (commune de Wilchingen) est très significatif à cet égard (fig. 36 à 39). Leur indice de pilosité varie finement en fonction de stations reflétant la structure géomorphologique du versant et la capacité de rétention en eau des sols, le tout traduit par la composition de la végétation. L'ensemble représente sans nul doute un patrimoine forestier non seulement exceptionnel, mais aussi

équipé pour affronter les changements climatiques sous réserve qu'il soit géré de manière dynamique et proactif afin d'accompagner son évolution génétique.

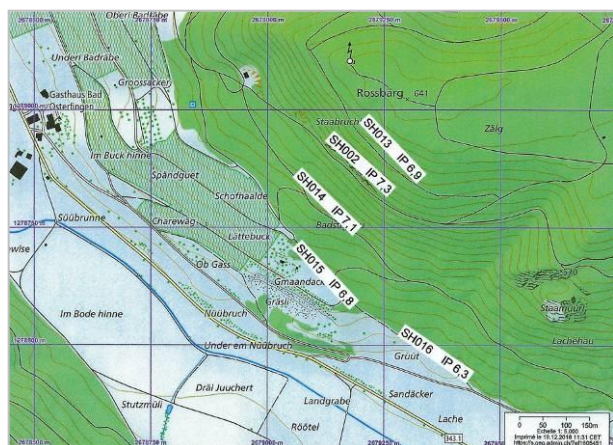


Fig. 36 Localisation des populations de chêne sur le versant sud-ouest du Rossberg (cne de Wilchingen), avec mention de l'indice de pilosité (IP)

Carte topographique CN 1031



Fig. 37 Photo du 12 septembre 2018 du versant sud-ouest du Rossberg

Peuplements de chêne (vert foncé) encore indemnes des effets des canicules estivales

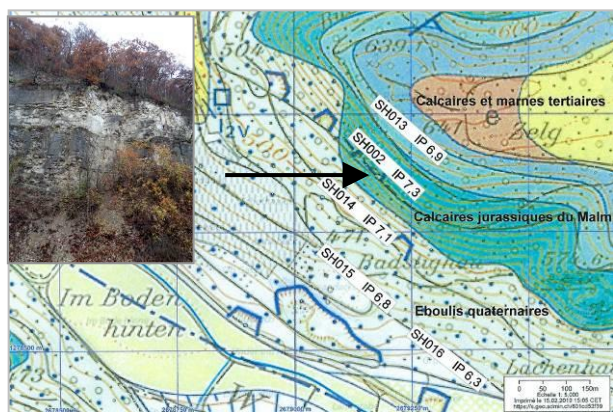


Fig. 38 Carte géologique du versant sud-ouest du Rossberg

Ancienne carrière côtoyant le peuplement le plus riche en chênes pubescents du canton de Schaffhouse

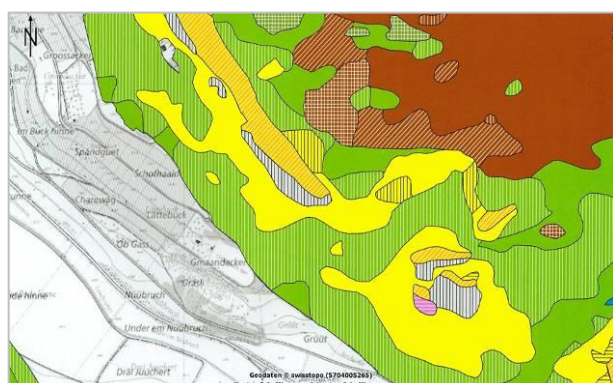


Fig. 39 Carte des stations du versant sud-ouest du Rossberg

Légende des stations : voir fig. 35

55. Remerciements

Depuis plusieurs années, les autorités forestières du canton de Schaffhouse ont développé la préservation de la biodiversité des forêts. Dans le cadre de cette dynamique, Bruno Schmid, inspecteur cantonal des forêts, et Michael Götz, inspecteur forestier de l'arrondissement, ont activement soutenu ce projet de création d'un herbier des chênes portant principalement sur les rares stations propices au chêne pubescent. Michaël Götz s'est investi sans compter tout au long des récoltes de feuilles de chêne pour faciliter la réalisation d'un herbier qui s'est avéré un complément de très grand intérêt à ceux réalisés en Suisse occidentale. Qu'il en soit particulièrement remercié !

6. Perspectives d'un avenir immédiat

Les herbiers des cantons de Vaud et du Valais ont fourni l'essentiel du matériel utilisé pour construire la clé de détermination proQuercus, avec pour objectif premier de collectionner un matériel d'herbier représentatif de la mosaïque des stations favorables à la présence du chêne. Ce pas franchi, la clé étant validée, les motifs de construction d'herbiers s'orientent à l'heure actuelle sur des objectifs plus ciblés qui visent premièrement l'amélioration des connaissances sur la composition des populations de chêne et leur adéquation au milieu local (station).

- Déjà l'herbier du canton de Schaffhouse a été orienté sur les rares milieux favorables à la présence du chêne pubescent, des milieux considérés comme patrimoine cantonal à protéger.
- Dans le canton de Vaud, sur le territoire communal d'Onnens, le plus grand pâturage boisé dominé par le chêne au pied du Jura (50 ha) est en cours d'analyse, avec création d'un herbier représentatif de tous les chênes de plus de 10 cm de diamètre à hauteur de poitrine. Riche de tous les types de chêne du complexe sessile/pubescent, dûment documentée, cette chassagne pourrait devenir un objet de recherche dans les domaines tels que la génétique ou l'étude de la dynamique de population.
- Bien qu'ayant déjà pris une ampleur dépassant les objectifs premiers, la réalisation en cours de l'herbier des chênes du canton de Neuchâtel (130 populations déjà récoltées) a été axée sur l'étude de populations du complexe sessile/pubescent qui se côtoient étroitement au sein d'une mosaïque exceptionnellement diversifiée de stations. En point de mire figure l'étude de la relation entre l'identité de ces populations et le milieu sur la base de relevés phytosociologiques encore à réaliser.
- Dans une démarche qui en quelque sorte chapeaute tous les projets cantonaux, une collaboration s'est développée entre l'association proQuercus et le groupe « Génétique écologique » du WSL. L'objectif consiste à vérifier génétiquement la pertinence de la clé de détermination proQuercus à l'aide d'un matériel d'herbier existant, récolté récemment à travers toute la Suisse (Rellstab 2016a, 2016b, Reutimann 2020a, 2020b). Les premiers résultats s'avèrent d'ores et déjà très probants.

7. Conclusion

Chaque nouvel herbier laisse la trace historique de générations de chênes datant pour la plupart d'une époque bien antérieure au brusque changement climatique actuel, signe probable d'une stimulation des processus d'adaptation propres aux chênes. Chaque herbier révèle également une originalité incomplètement documentée ailleurs. Dans ce contexte d'évolution très dynamique des connaissances, la recherche appliquée garde plus que jamais son sens pour le monde des gestionnaires forestiers en charge d'accompagner modestement, mais proactivement, le futur d'un exceptionnel patrimoine.

Références

- BENSON L, PHILIPS EA, WILDER PA (1967) Evolutionary sorting of characters in a hybrid swarm. I. Direction of slope. *Amer. J. Bot.* 54 : 1017-1026.
- BONFILS P, HORISBERGER D, ULBER M (RÉD) (2005) Promotion du chêne. Stratégie de conservation d'un patrimoine naturel et culturel en Suisse. Berne : Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage. 102 p.
- BONFILS P, AREND M, KUSTER T, FONTI P, VOLLENWEIDER P, JUNOD P, GÜNTHARDT-GEORG (2013) Le chêne, une essence de grande plasticité. *La Forêt* 10/13 : 13-17.
- BURNAND J (1976) *Quercus pubescens* – Wälder und ihre ökologischen Grenzen im Wallis (Zentralalpen). Veröff. Geobot. Des Institutes der ETH, Stiftung Rübel, Zürich. 59 Heft. 138 s.
- CLOT F & DELARZE (2009) Typologie des groupements végétaux forestiers du canton de Vaud : rupture nécessaire d'une tradition. *J for suisse* 160 : s13-s17. doi : 10.3188/szf.2009.s0013
- COCHARD H, GRANIER A (1999) Fonctionnement hydraulique des arbres forestiers. *Rev. For. Fr.* LI 2 : 121-133.
- DELARZE R (2015) Etude phytosociologique des forêts du canton de Genève. Clé de détermination des chênaies. Rapport final. Genève : Service des forêts et des habitats riverains. 29 p.
- ELLENBERGER H, KLÖTZLI F (1972) Waldgesellschaften und Waldstandorte der Schweiz. *Mitt Eidgenöss Anst Forst Versuchswes*, 48 (4): 587-930.
- ETTER H, MORIER-GENOUD P (1963) Etude phytosociologique des forêts du canton de Genève. Institut suisse de recherches forestières, Birmensdorf. Mémoires, vol. 39, fasc. 2. 148 p.
- FINDLEN P (2017) La mort d'un naturaliste: connaissances et communauté à la fin de l'Italie de la Renaissance. Dans G. Manning et C. Klestinec (éd.), *Professeurs, médecins et pratiques en histoire de la médecine*. New York, NY: Springer : 127-167.
- GRATIER M, de PURY P (1994). Les sols du canton de Genève. *Archs Sci. Genève*, vol 47, fasc. 2: 165-194.
- HARDIN JW (1975) Hybridization and introgression in *Quercus alba*. *J. Arn. Arb.* 56: 336-363.
- HARTMANN P, FOUVY P, HORISBERGER D (2009) L'Observatoire de l'écosystème forestier du canton de Vaud : espace de recherche appliquée. *J for suisse* 160 : 2-6.
- HORISBERGER D, MEYLAN M (2009a) Le guide des stations forestières du canton de Vaud: synthèse pour les praticiens. *J for suisse* 160 : 43-53.
- HORISBERGER D, MEYLAN M (2009b) Aire et gestion des ressources en chêne du canton de Vaud : dossier d'un avenir immédiat. *J for suisse* 160 : 65-73.
- HORISBERGER D (2016) Détermination des chênes – Clé et utilisation pratique. Fiche technique 06. Ed. proQuercus. 10 p.
- HORISBERGER D (2021a) Développement d'une clé de détermination des chênes indigènes au nord de l'Arc alpin suisse et en Valais. Dossier thématique proQuercus (www.proQuercus.org). 37 p.
- HORISBERGER D (2021b) Adéquation stationnelle et gestion des espèces de chêne indigènes en Suisse. Dossier thématique proQuercus (www.proQuercus.org). 14 p.
- KELLER W, WOHLGEMUTH T, KUHN N, SCHÜTZ M, WILDI O (1998). Waldgesellschaften und Waldstandorte der Schweiz. *Mitt Eidgenöss Anst Forst Versuchswes*, 73 (2): 91-357.

KIENAST F, HADORN S, SCHÜTZ M (2004) Werden Walliser Föhrenwälder zu Eichenwäldern? Eine pflanzensoziologische Studie mit historischen Aufnahmen. Informationsblatt Forschungsbereich Landschaft 59: 1-3.

KISSLING P (1980) Clef de détermination des chênes médio-européens (*Quercus* L.). Ber Schweiz Bot Ges 90 (1/2) : 29-44.

LEBOURGEOIS F, JABIOL B (2002) Enracinements comparés du Chêne sessile, du Chêne pédonculé et du Hêtre. Réflexions sur l'autécologie des essences. Rev. For. Fr. LIV 1 : 17-42.

LEFÈVRE F, FADY B, JEAN F, DAVID H, PICHOT C, ODDOU-MURATORIO S (2015) Les processus biologiques de réponse des arbres et forêts au changement climatique : adaptation et plasticité phénotypique. Innovations Agronomiques 47 : 63-79.

LETESSIER I, MARION J (2007a) Etude des terroirs viticoles valaisans – Etude géopédologique, partie générale. Rapport SIGALES et Interprofession de la vigne et du vin du Valais. 124 p.

LETESSIER I, MARION J (2007b) Etude des terroirs viticoles valaisans - Etude géopédologique des vignobles de Bramois, Nax, Grône et Chalais. Rapport SIGALES et Interprofession de la vigne et du vin du Valais. 42 p.

LÉVY G, BECKER M, GARREAU B (1986) Comportement expérimental de semis de chêne pédonculé, chêne sessile et hêtre en présence d'une nappe d'eau dans le sol. Ann. Sci. For. 43 (2) : 131-146.

LÉVY G, LEFÈVRE Y, BECKER M, FROCHOT H, PICARD JF, WAGNER PA (1999) Les excès d'eau: influence sur la croissance des chênes. Rev. For. Fr. LI – 2 : 151.

LUCOT E, BRUCKERT S (1992) Organisation du système racinaire du chêne pédonculé (*Quercus robur*) développé en conditions édaphiques non contraignantes (sol brun lessivé colluvial). Annales des sciences forestière, INRA/EDP Sciences, 49 (5) : 465-479.

MULLER CH (1952) Ecological control of hybridization in *Quercus*: A factor in the mechanism of evolution. Evolution 6: 147-161.

PYTHOUD K (2007) Modélisation des paramètres mesoclimatiques du vignoble valaisan. Laboratoire de système d'information géographique – EPFL. Lausanne. 87 p.

RELLSTAB C, BÜHLER A, GRAF R, FOLLY C, GUGERLY F (2016a) Utilisation d'analyses multidimensionnelles conjointes de la morphologie des feuilles et de marqueurs génétiques moléculaires pour l'identification de taxons chez trois espèces hybrides de chênes blancs (*Quercus* sp). Annals of forest Sciences 73 : 669. 17 p.

RELLSTAB C, PLUESS AR, GUGERLY F (2016b) Lokale Anpassung bei Waldbaumarten: genetische Prozesse und Bedeutung im Klimawandel. Schweiz. Z. Forstwes 167/6 : 333-340.

REUTIMANN & al (2020a) A species-discriminatory single-nucleotide polymorphism set reveals maintenance of species integrity in hybridizing European white oaks (*Quercus* spp) despite high levels of admixture. Annals of Botany no 1125: 663-676.

REUTIMANN & al (2020b) L'empreinte génétique, un outil d'identification de l'espèce et du taux de mélange des chênes indigènes. La Forêt 5/2020 : 14-17.

THEURILLAT JP, SCHNEIDER C, LATOUR C (2011) Atlas de la flore du canton de Genève. Catalogue analytique et distribution de la flore spontanée. Ed. Conservatoire et Jardin botanique du canton de Genève. 720 p.

WERDENBERGER K & HAINARD P (1989) Régression et progression du *Querco-Carpinetum molinietosum* dans la forêt genevoise (Suisse) en 40 ans, ou le shift mésophile. Saussurea 20 : 125-135 et Saussurea 21 : 81-89.

WERDENBERGER K & HAINARD P (2000) Les paysages végétaux du canton de Genève. Carte de la végétation du canton au 1 : 25000. Série documentaire no 34 des Conservatoires et Jardins botaniques de la Ville de Genève. 68 p.

WERNER P (1988) Etude botanique des Follatères (Dorénaz et Fully, Valais) : III. Les forêts. Bull. Murithienne 106: 101-117.

ZUFFEREY V, SPRING JL, VERDENAL T, DIENES A, BELCHER S, LORENZINI F, KOESTEL C, ROSTI J, GINDRO K, SPANGENBERG J, VIRET O (2017) Influence of waterstress on plant hydraulics, gas exchange, berry composition and quality of Pinot noir wines in Switzerland. Oeno One 51, 1, 17-27.