

## ANATOMIE ET ÉCOLOGIE FONCTIONNELLES DES PLANTES SUPÉRIEURES TRAVAUX PRATIQUES

### **TP2 – Structure des tissus de la tige : diversité anatomique et croissance secondaire.**

Ce TP est consacré à la variabilité morphologique, structurale et taxonomique du bois et à l'influence de l'état physiologique et des conditions écologiques sur la formation des cernes de croissance. Il est divisé en deux parties: dans la Partie I, la morphologie et la structure microscopique tridimensionnelle du bois sont étudiées. À l'aide d'une clé de détermination, l'espèce est déterminée. Dans la Partie II, la croissance radiale d'échantillons de bois de pin sylvestre est analysée sur la base de mesures des cernes de bois.

#### **Objectifs**

- Observer et comprendre la structure tridimensionnelle du bois. Acquérir des notions structurales de base pour l'analyse du bois.
- Comparer l'aspect morphologique et la structure microscopique et comprendre en quoi le premier est déterminé par la seconde.
- Apprendre à utiliser une clé de détermination du bois.
- S'initier à la dendrochronologie.
- Comprendre l'influence des conditions stationnelles sur la croissance des arbres
- Illustrer, faire la synthèse et compléter les informations fournies dans le cours, en particulier dans le chapitre 3.

#### **Matériel mis à disposition**

Partie I: 1 coffret avec des échantillons de bois / coupes transversales, radiales et tangentielles sur lame de 7 espèces d'angiospermes et de 3 gymnospermes / résumé synthétique des caractéristiques structurales du bois (Annexe I) / clé de détermination sur la base des caractéristiques structurales du bois (Annexe II) / micrographies / documentation bibliographique.  
Partie II: échantillons de bois de pin sylvestre sous la forme de carottes / papier millimétré / documentation bibliographique.

#### **Procédure**

Partie I: **l'Annexe 1** sert d'introduction à tout ce TP, avec définition et illustration de tous les termes techniques en anatomie du bois

- observer la morphologie des échantillons de bois à disposition dans les trois directions de l'espace. Consulter la littérature à disposition.
- Confronter les indications structurales de l'annexe 1 avec la micro-morphologie du bois observée au microscope en prenant l'une ou l'autre des espèces à choix dans les cartables et en utilisant les trois types de préparation à disposition. Repérer tous les différents types de cellules des systèmes horizontaux et axiaux, les caractéristiques cellulaires telle que la présence ou l'absence de protoplasme ou la morphologie des parois (épaississement, perforation, ponctuations, ornementsations). Observer la variabilité structurale dans le cerne de bois et les différences entre bois initial et final.
- Trouver l'espèce observée avec la clé de détermination (**Annexe 2**).
- Annoter les microphotographies fournies, sur la base des observations. Compléter ces microphotographies avec quelques photos digitales au moyen des adaptateurs ou du microscope, notamment de détails structuraux, avec barre d'échelle.
- Confronter la morphologie du bois avec les observations structurales et établir une liste de caractéristiques morphologiques avec leur origine structurale.
- Documenter les caractères macro avec des photos réalisées à l'aide de votre téléphone portable, de la loupe binoculaire et de l'adaptateur mis à disposition.

**Résultats attendus** : Au minimum et par groupe: observer et déterminer une espèce à porosité diffuse, une espèce à zone poreuse et un gymnosperme.

## Partie II:

En guise de préambule :

### **Dendrochronologie**

La dendrochronologie est une méthode scientifique permettant d'obtenir des datations précises de pièces de bois (à l'année, parfois à la saison près) en comptant et en analysant la morphologie des anneaux de croissance des arbres. Elle permet également d'analyser et de modéliser les changements climatiques et environnementaux.

#### Principes

La dendrochronologie a été inventée et développée au cours du XX<sup>e</sup> siècle par A.E. Douglass, le fondateur du Laboratory of Tree-Ring Research de l'Université d'Arizona. Plusieurs siècles auparavant Leonard de Vinci avait déjà décrit le principe des cernes de croissance et leurs variations en fonction des conditions climatiques. Edmund Schulman (1908-1958) et Fritz Schweingruber (1935-2020) ont également largement contribué au développement scientifique de la discipline.

Sous des latitudes moyennes, les arbres poussent en produisant du bois lorsque les conditions climatiques sont favorables (du début du printemps à la fin de l'été). Au printemps, les cernes sont clairs car les éléments conducteurs conduisant la sève sont plus larges, ce qui permet des flux de sève plus importants.

L'analyse d'un échantillon de bois, en repérant ses anneaux de croissance et en attribuant à chacun d'entre eux un millésime de formation, permet de déduire les conditions climatiques contemporaines à la vie de l'arbre. En prélevant des échantillons dans différents sites d'une même région et provenant d'arbres ayant poussé à des époques se recoupant au moins partiellement, il est possible de recomposer une séquence dendrochronologique sur plusieurs siècles et de créer une chronologie de référence permettant de réaliser des études paléo-climatiques, par exemple. La comparaison du profil de croissance d'un morceau de bois d'une époque indéterminée avec cette chronologie de référence permet sa datation exacte à l'année près. Cette propriété a permis d'établir des courbes de calibration pour corriger les résultats de la datation par le carbone 14, qui supposait une concentration de carbone 14 constante dans l'atmosphère au cours des siècles alors que celle-ci a varié. Depuis quelques décennies, les datations par le carbone 14 sont calibrées et elles sont donc devenues plus précises.

source : <http://fr.wikipedia.org/wiki/Dendrochronologie>

Consulter aussi la documentation mise à disposition, notamment l'article de *Science*, en tant qu'exemple d'application.

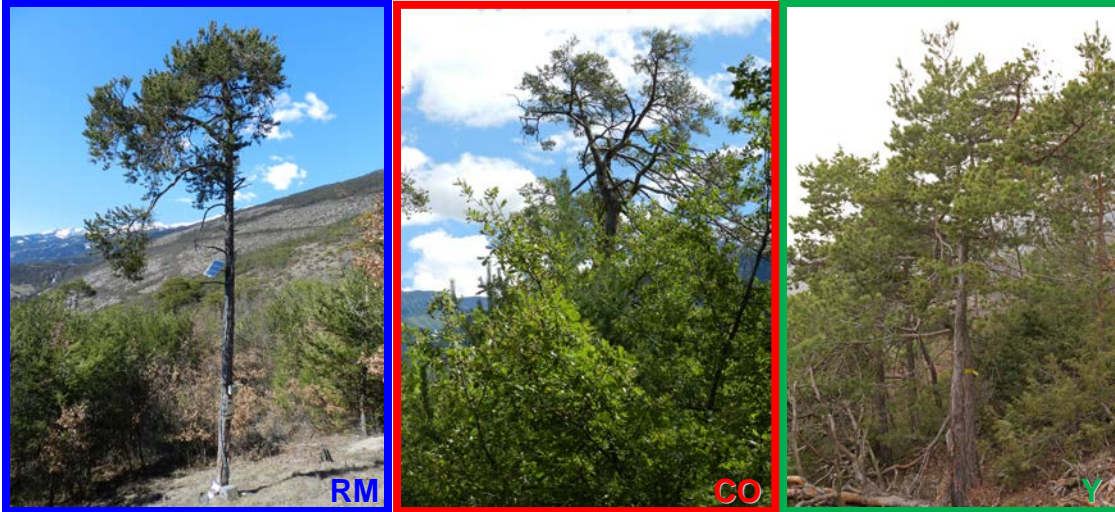
### *Mesures et observations :*

**But général** : comparer l'accroissement secondaire de pins sylvestres provenant d'une pinède sèche mélangée, en mosaïque avec des pelouses steppiques, dans le Valais central (coteaux boisés dominants les vignobles de Salquenen).



**Introduction** : Dans ce site en pente exposé plein sud (adret), la présence/absence de forêt dépend de celle de dépôts colluvionnaires, suite à un glissement de terrain majeur au cours de l'holocène (8600 BP). Historiquement parlant, il s'agit d'un ancien pâturage boisé où paissaient quotidiennement des troupeaux de chèvres – et de moutons à certains moments de l'année. Cette forme intensive d'utilisation a favorisé les pins sylvestres et la couverture herbacée au détriment des essences feuillues arborées et buissonnantes. Elle a été peu à peu abandonnée dans les années 1950-60 et les formations forestières sont toujours en cours de reconversion vers des peuplements mélangés plus denses, suite au ralentissement de la dynamique forestière par la sévérité des contraintes hydriques. En conséquence des changements de gestion, les peuplements forestiers actuels présentent une structure caractéristique et inhabituelle, avec une strate dominante incluant des arbres âgés (140 ans) et déclinants, issus de l'ancien pâturage boisé, et un sous-étage mélangé d'une trentaine d'années. Depuis 2010, une expérimentation du WSL étudie l'impact de la recolonisation forestière sur la vitalité des pins dominants et les caractéristiques fonctionnelles et écologiques des sols et des formations végétales. Pour cela,

des placettes expérimentales ont été établies en **2010** (Giuggiola et al., 2018), avec dégagement du sous-étage ligneux dans un rayon de 5 m autour d'un pin dominant (placettes **REMOVAL**, **RM**). Un deuxième groupe de placettes sans dégagement du sous-étage sert de **CONTRÔLE** (**CO**). En **2022**, un groupe de placettes complémentaires a été établi (placettes **YOUNGER**, **Y**), afin de comparer la croissance secondaire et la résilience au stress des arbres jeunes et âgés. Le design expérimental et les conditions stationnelles sont similaires à celles des placettes **CO** et **RM**, mais les arbres âgés y ont déjà été remplacés par la nouvelle forêt. Dans ce TP, l'accroissement des arbres des 3 groupes est comparé et mis en relation avec l'histoire des peuplements et les conditions climatiques.



**Matériel** : carottes enchâssées dans un gabarit et poncées, avec label et code de couleur pour distinguer les groupes. Deux carottes par arbre, prélevées le long d'un diamètre perpendiculaire à la pente (échantillon E1 et E2). Chaque groupe effectue au moins 6 mesures (= 3 groupes \* 2 arbres \* 1 échantillon E1 ou E2).

**Méthode** :

- Documenter quelques cernes remarquables - notamment les double-cernes occasionnels sur les accroissements de grande largeur - et les caractéristiques du bois initial et du bois final, avec des photos réalisées à l'aide de votre téléphone portable, de la loupe binoculaire et de l'adaptateur mis à disposition
- À l'aide du papier millimétré, mesurer chaque cerne du cœur à la périphérie (au 1/10 de mm).
- Entrer ces données dans un fichier excel, créer un graphique avec une courbe par groupe **CO**, **RM** ou **Y**, en moyennant les 2 mesures effectuées par groupe (3 lignes brisées).
- Repérer et faire une liste des années remarquables (cerne inhabituellement mince ou large) : calculer et représenter graphiquement sous forme de droites horizontales la moyenne et l'écart type (déviations standard) calculés à partir des mesures pour les arbres âgés (**CO**, **RM**, 4 échantillons, dès 1915 – la croissance juvénile n'est pas incluse dans la moyenne). Les années remarquables sont celles affichant des valeurs inférieures ou supérieures aux droites des écarts types
- Comparer les résultats obtenus avec les courbes d'accroissement de référence de la Fig. 1, fournie ci-dessous
- Comparer les résultats obtenus avec les informations climatiques complémentaires fournies ci-dessous, notamment les indices de sécheresses SPEI dès 1920, pour la station de Sion [SPEI : Standardized Precipitation Evaporation Index : le SPEI est un indice de sécheresse multiscalaire basé sur des données climatiques. Il peut être utilisé pour déterminer le début, la durée et l'ampleur des conditions de sécheresse par rapport aux conditions normales ; varie entre +3 et -3]
- Discuter les conséquences potentielles et observées de l'arrêt du pâturage en forêt à la fin des années 1960
- Discuter l'effet de la mise en lumière des arbres **RM** et son évolution depuis 2010
- Comparer l'accroissement des arbres jeunes (**Y**) et âgés (**CO**, **RM**) et discuter l'importance relative de l'âge et de la compétition pour la croissance secondaire

*Remarques :*

- date d'échantillonnage : 2021
- éviter les échantillons à problème (biais de collage des carottes, carottes incomplètes : cf. les annotations sur les échantillons)
- pour mieux visualiser les tendances à moyens termes, calculer une courbe lissée où chaque valeur annuelle  $t$  représente la moyenne de 5 cernes centrés sur  $t$  (moyenne mobile à 5 périodes).
- ! faites vérifier vos résultats et vos interprétations !

**Résultats attendus**

Par groupe :

**Partie I:** pour au moins trois espèces (1 gymno., 1 angio. à zone poreuse, 1 angio. à porosité diffuse) : microphotographies annotées / microphotographies digitales personnelles / détermination de l'espèce / photos macros des échantillons de bois / liste de caractères morphologiques et indication des caractéristiques anatomiques correspondantes.

**Partie II:** sur la base d'au moins 6 mesures (= 3 groupes d'arbres \* 2 arbres \* 1 échantillon) : tableau de mesures / courbe brute / courbe lissée / liste de cernes ou de groupes de cernes remarquables et leur interprétation, sous forme de tableau / réponse aux questions / photos macros des cernes de bois.

**Dendrochronologie : informations complémentaires pour l'analyse des échantillons**

**Courbe d'accroissement (chronologie)**

Courbes moyennes par groupe pour l'ensemble des carottes

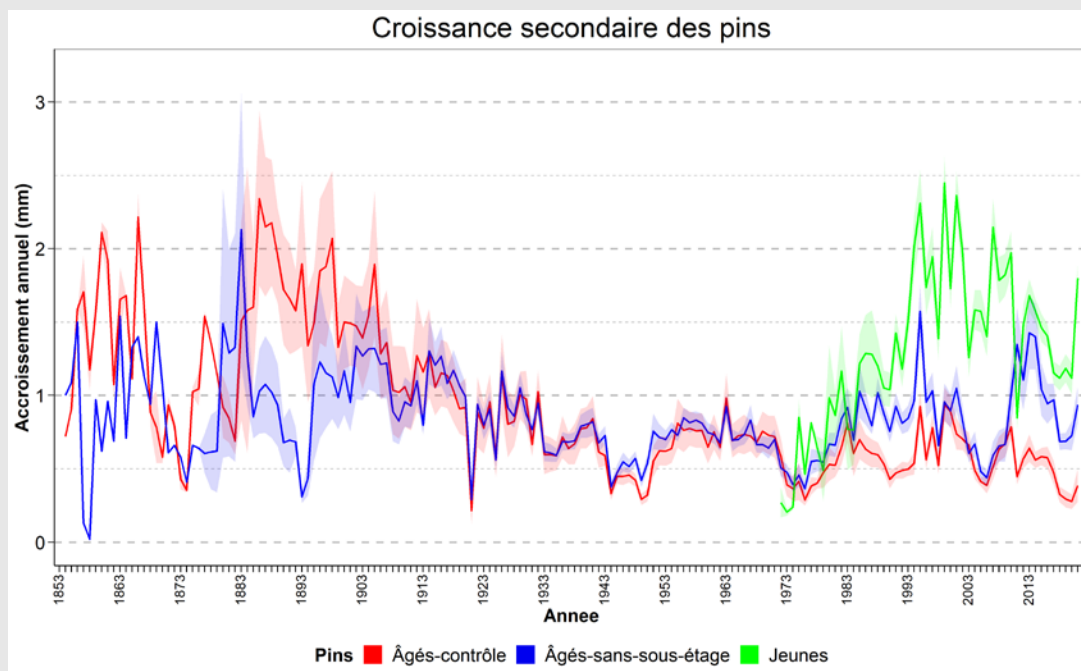


Fig. 1. Croissance secondaire moyenne ( $\pm$  SE) des trois groupes de pin sylvestre dans l'expérimentation réalisée à Salquenen (Macor, 2023).

## Indices de sécheresse pour la période 1920-2021

### Identification des épisodes de sécheresse dans le Valais central

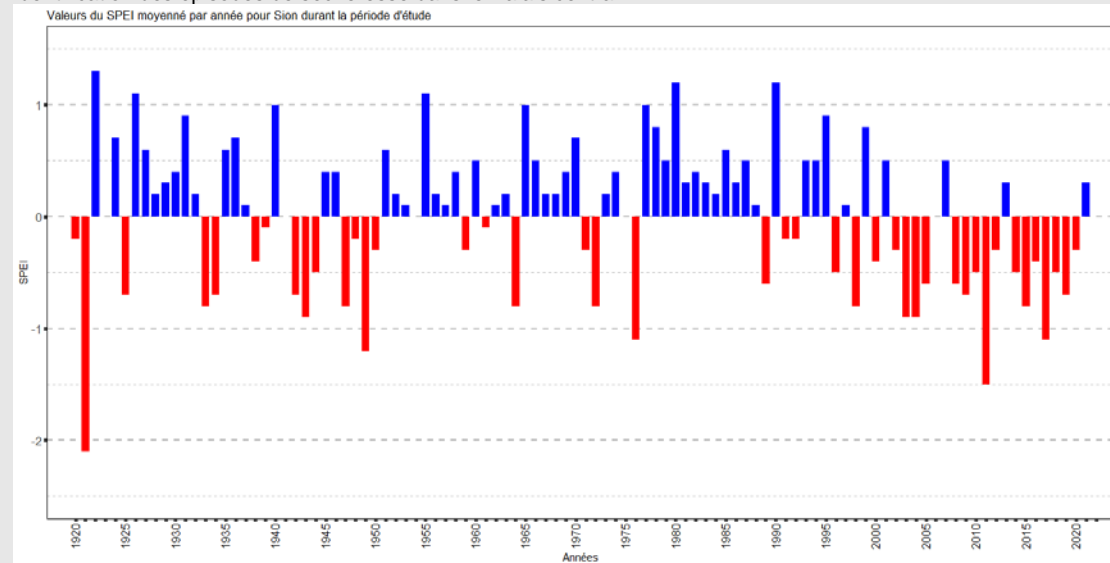


Fig. 2. Indices SPEI annuels 1920-2021 pour la station météorologique de Sion.

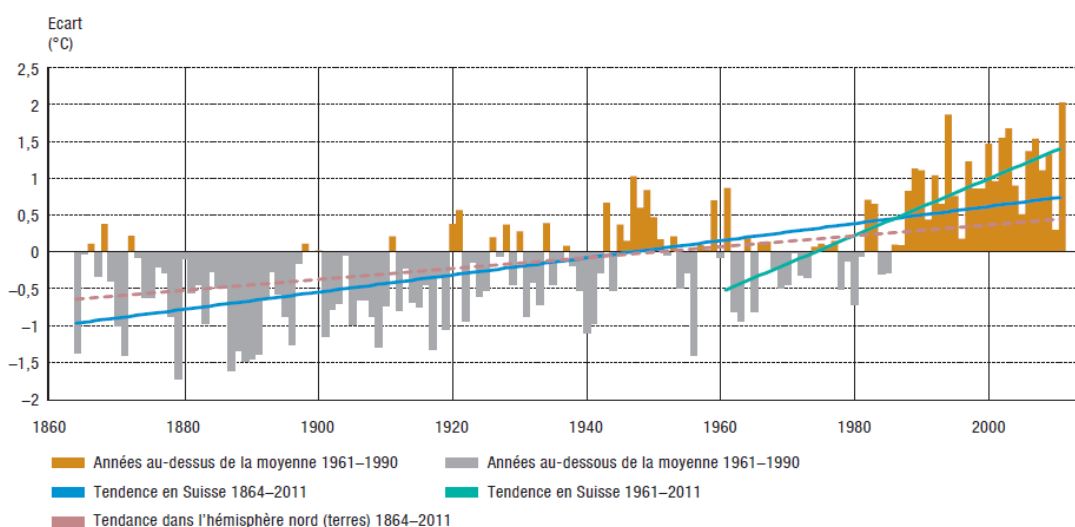
SPEI : Standardized Precipitation Evaporation Index : le SPEI est un indice de sécheresse multiscalaire basé sur des données climatiques. Il peut être utilisé pour déterminer le début, la durée et l'ampleur des conditions de sécheresse par rapport aux conditions normales ; varie entre +3 et -3



# Informations climatiques complémentaires :

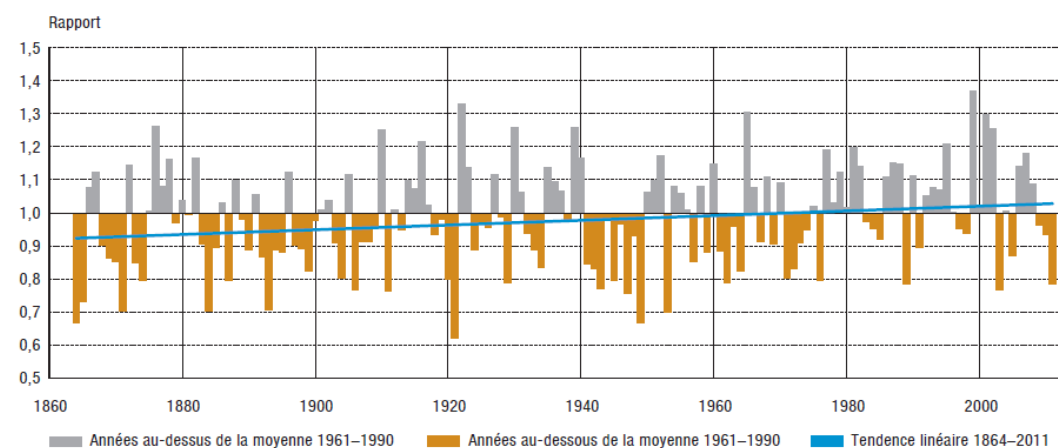
**Fig. 19 > Températures annuelles moyennes en Suisse**

Ecart des températures moyennes en Suisse pendant la période 1864–2011 par rapport à la période de référence 1961–1990. Ecarts annuels par rapport à la période de référence (barres verticales) et tendances générales (lignes).



**Fig. 29 > Cumul annuel des précipitations au nord de la Suisse**

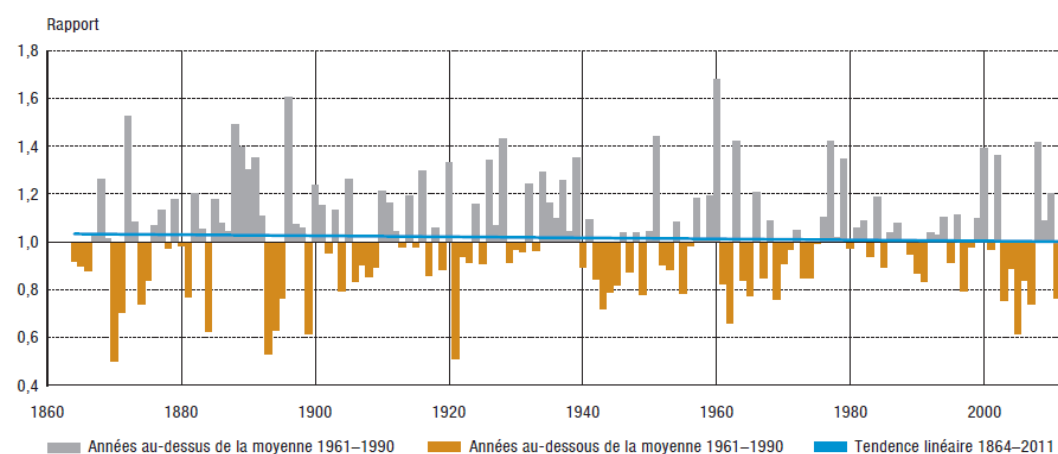
Rapport des précipitations annuelles à la moyenne de la période de référence 1961–1990.



Source: MétéoSuisse (2012a)

**Fig. 30 > Cumul annuel des précipitations au sud de la Suisse**

Rapport des précipitations annuelles à la moyenne de la période de référence 1961–1990.



Références :

- Giuggiola, A., Zweifel, R., Feichtinger, L. M., Vollenweider, P., Bugmann, H., Haeni, M., & Rigling, A. (2018). Competition for water in a xeric forest ecosystem – Effects of understory removal on soil micro-climate, growth and physiology of dominant Scots pine trees. *Forest Ecology and Management*, 409, 241-249.  
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.11.002>
- Macor, J-B. (2023). Analyse de la résilience de pinèdes sèches du Valais central dans le contexte des changements climatiques. Maîtrise universitaire ès Sciences en Sciences Environnementales, Université de Lausanne. Manuscript + Annexes: 95 + 290 pp.
- Perroud, M., Bader, S., 2013. Changements climatiques en Suisse – Indicateurs des causes, des effets et des mesures. Etat de l'environnement n0 1308. Office fédéral de l'environnement et Office fédéral de météorologie et de climatologie, Zürich, 86 p.