

A panoramic view of a mountainous landscape. The foreground is dominated by a dense forest of evergreen and deciduous trees, some with autumn-colored foliage. The middle ground shows rolling green hills and valleys, with a small village or town visible in the distance. The background features a range of mountains under a clear blue sky. The word "Bienvenue" is overlaid in the center in a large, white, sans-serif font.

Bienvenue

L'épicéa et le sapin ont-ils encore un avenir ?

Potentiels et limites de nos essences forestières et de leurs provenances face au changement climatique

Andreas Rudow, EPF Zurich

Conférence d'Industrie du bois Suisse
« La gestion forestière du futur – adaptée au climat
et conforme au marché ? »

28 avril 2026, HAFL Zollikofen

Sommaire

- Principes fondamentaux – Évolution des essences
 - Métapopulation
 - Adaptation
 - Provenance

- Évaluation – Aptitude des essences
 - Interprétation des événements de dépérissement
 - Interprétation des scénarios futurs
 - Stratégie de gestion des risques liés aux essences exotiques

- Conclusion – Avenir des essences
 - Conclusions mesurées

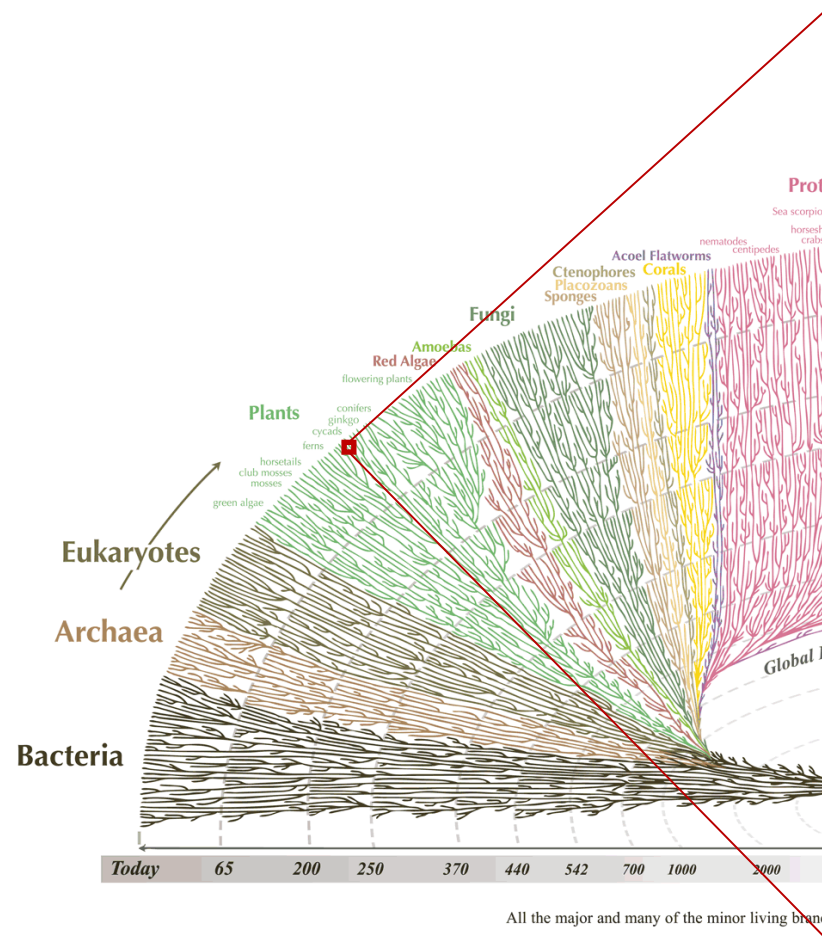
An aerial photograph of a lush green valley filled with a dense forest of trees. The forest is interspersed with open grassy areas. In the background, rolling hills rise under a clear blue sky with a few wispy clouds. The lighting suggests a bright, sunny day.

1 Principes fondamentaux Évolution des essences

Hêtre d'Orient (Fagus orientalis), col de Goderzi (Petit Caucase), Géorgie

1 Principes fondamentaux

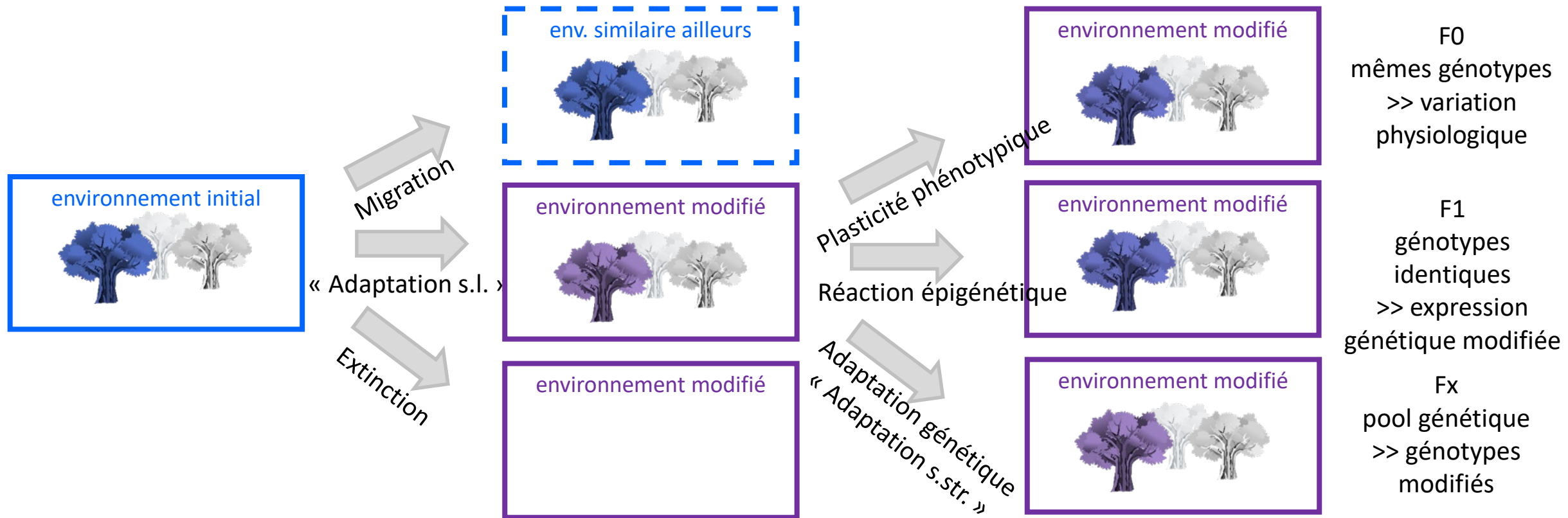
Métapopulation



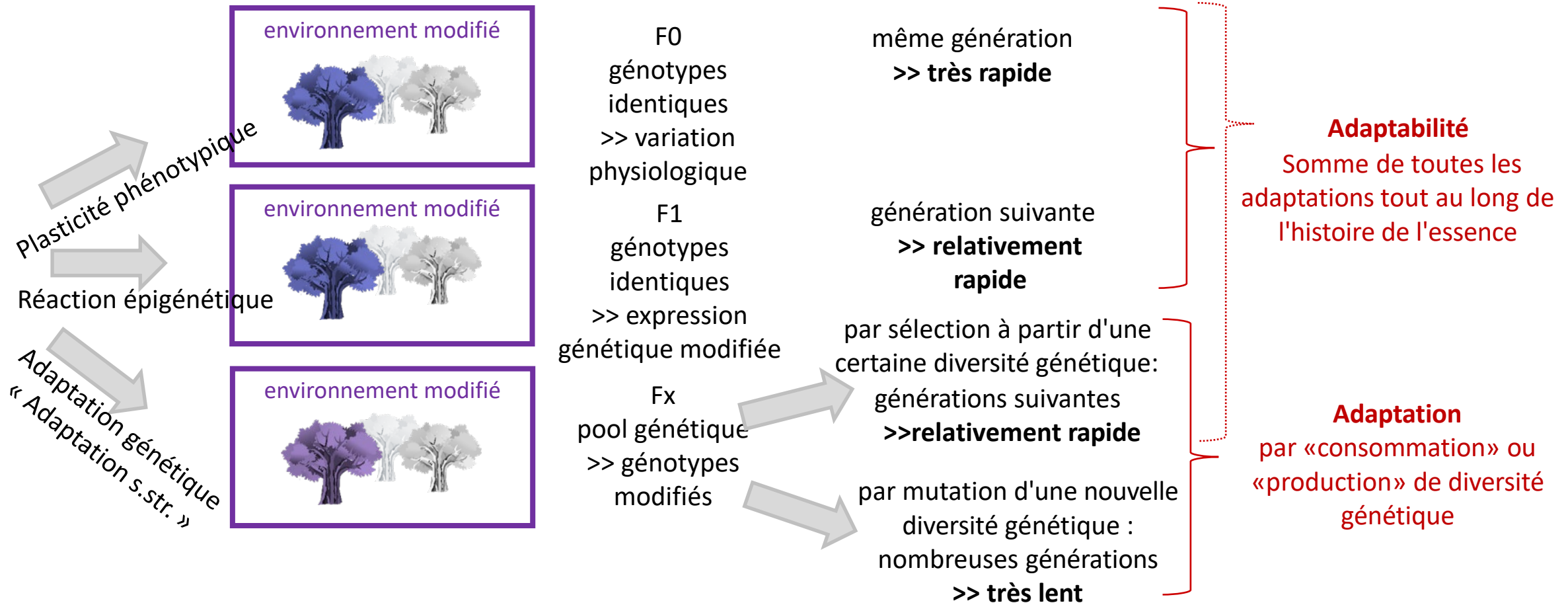
Graphique : Eisenberg 2008, Darwin 1859, Whigler 2019

1 Principes fondamentaux

Adaptation – trois niveaux



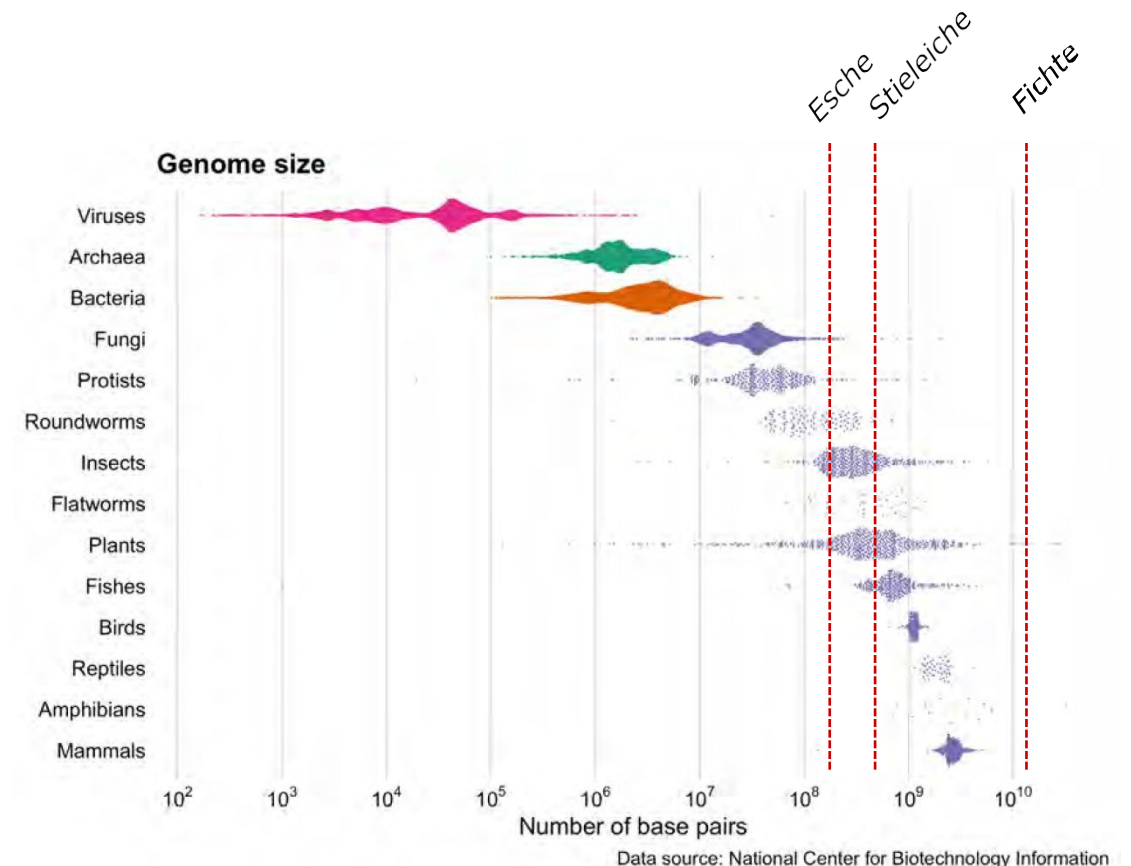
Adaptation et capacité d'adaptation





Les essences sont des spécialistes de l'adaptation

- Une vie sédentaire et une grande durée de vie nécessitent (cf. Petit & Hampe 2006)
 - de grands génomes (nombre de gènes)
 - de grandes populations et des systèmes de reproduction spécifiques (flux génétique, persistance, etc.)
 - une grande diversité génétique
 - >> grande plasticité phénotypique = grand potentiel physiologique
 - >> grand potentiel d'adaptation génétique rapide par sélection
 - des métapopulations stables



1 Principes fondamentaux

Provenances

- Tests systématiques des provenance (*cross transpant*)



S. Aitken, Univ. BC

- 1920-1990 : principalement axés sur la croissance (tests de provenance, *provenance trial*)
- 1990-aujourd'hui : principalement axés sur la vitalité/l'adaptabilité (plantations tests, *common garden exp.*)



2 Évaluation Aptitude des essences

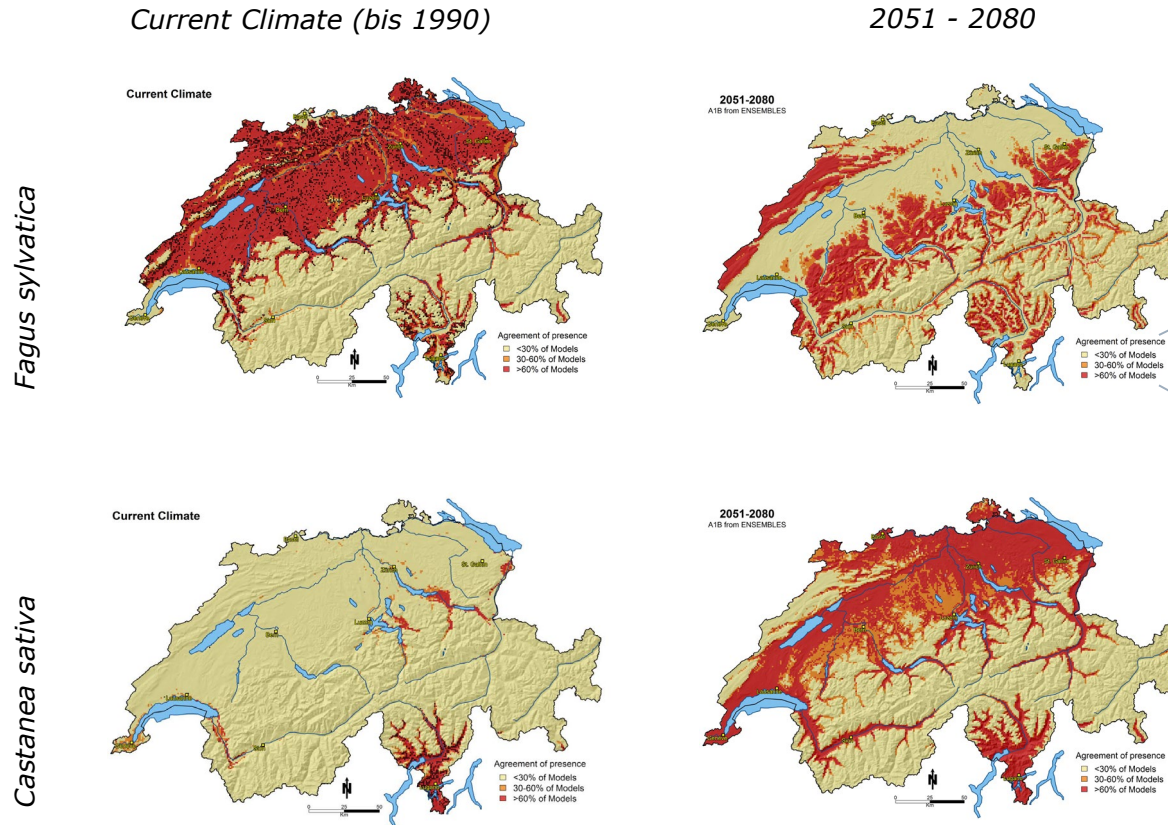
*Stress hydrique chez le hêtre (*Fagus sylvatica*) et le chêne rouvre (*Quercus petraea*), Douanne BE*

(Mauvaise) interprétation des phénomènes de dépérissement

- Les arbres sont des spécialistes avec croissance secondaire en épaisseur
 - Stabilisation progressive de l'axe de croissance et formation de grands organismes à longue durée de vie (hauteur de l'arbre + nombre de modules)
 - >> Stratèges de concurrence prononcés

- Plasticité phénotypique au cours du cycle de vie
 - Réduction progressive de la capacité de réaction en raison d'un approvisionnement de plus en plus exigeant (par exemple, l'approvisionnement en eau une fois la hauteur maximale atteinte)
 - >> Le stress environnemental tel que la sécheresse touche principalement les arbres âgés ou de grande taille – la vieillesse l'emporte sur la capacité d'adaptation! Les jeunes arbres peuvent être parfaitement adaptés





□ Moyenne de modélisations
(*ensemble technique*)
>> voir la légende !

Agreement of presence

- <30% of Models
- 30-60% of Models
- >60% of Models

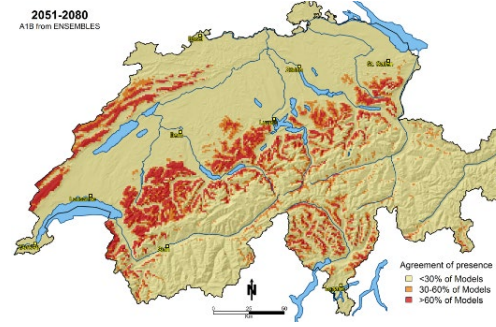
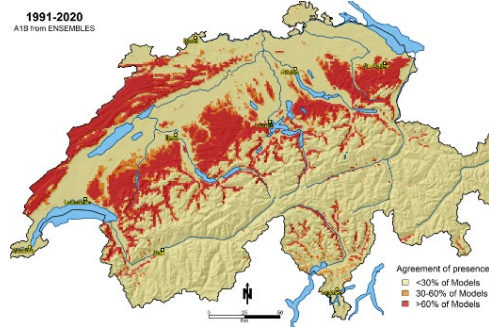
□ La réalisation actuelle a permis de déduire le potentiel et, à partir de celui-ci, la réalisation future !?
>> actuellement approximation possible
>> mais pas fiable !

(Zimmermann et al 2016, PorTree project, www.wsl.ch/lud/portree)

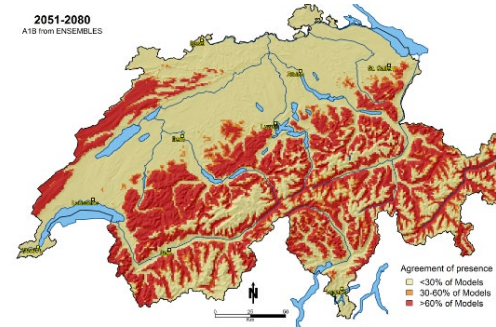
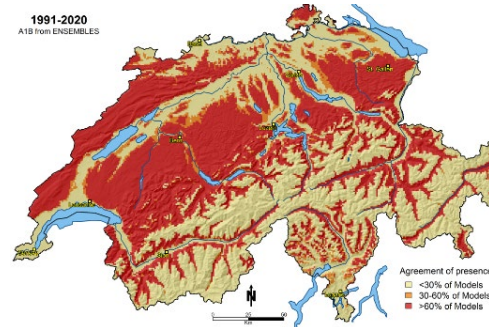
Current Climate (bis 1990)

2051 - 2080

Abies alba



Picea abies



- Moyenne de modélisations (*ensemble technique*)
>> voir la légende !

Agreement of presence

- <30% of Models
- 30-60% of Models
- >60% of Models

- La réalisation actuelle a permis de déduire le potentiel et, à partir de celui-ci, la réalisation future !?
>> actuellement approximation possible
>> mais pas fiable !

(Zimmermann et al 2016, PorTree project, www.wsl.ch/lud/portree)



Essence forestière exotique Pin de Weymouth (Pinus strobus), Intra-Verbania (Piémont), Italie

2 Évaluation

Stratégie de gestion des risques liés aux essences forestières exotiques

- « Migration assistée » en prévision du réchauffement climatique
 - Flux génétique assisté = déplacement d'essences au sein de l'aire de répartition de l'espèce
 - Transfert assisté = déplacement d'essences hors de leur aire de répartition (essences forestières exotiques)
 - Faible distance : entre les étages altitudinaux (p.ex. *Picea abies* dans le Plateau), entre pays voisins (p.ex. *Pinus nigra*)
 - Grande distance : plus de 1'000 km (par exemple, *Cedrus atlantica*), à travers les continents (p.ex. *Cryptomeria japonica*, *Pinus strobus*)
- Règle empirique d'O'Neill issue d'essais de provenance (US, déplacement des provenances)
 - Lorsque l'on anticipe des changements environnementaux sur plus de 20 ans, les effets négatifs prédominent par ex. tolérance insuffisante au froid, défense contre les agents pathogènes ou absence de mycorhizes (synécologie)
- Choix des essences avec évaluation des risques à long terme – hiérarchisation en fonction de la proximité ou de l'éloignement
 1. 49 essences indigènes pouvant être plantées au sein de leur aire de répartition, voire par peuplement
 2. Essences exotiques « proches » : localement et à grande échelle, essais systématiques (p. ex. *Quercus cerris*, *Corylus colurna*)
 3. Espèces exotiques « lointaines » : pas à grande échelle, idéalement uniquement en mélange (y compris *Pseudotsuga menziesii*)

An aerial photograph of a mountain valley. The foreground is dominated by dense coniferous forests, with some trees showing autumnal colors. The middle ground shows rolling green hills and a small town or village nestled in a valley. The background features a range of blue-toned mountains under a clear sky. The text '3 Conclusions' and 'Avenir des essences' is overlaid in large white font in the center of the image.

3 Conclusions

Avenir des essences

*Préalpes dominées par les conifères, épicéa (*Picea abies*), sapin (*Abies alba*) et mélèze (*Larix decidua*), Gais AI*



Forêt de conifères subalpine, épicéa (Picea abies), mélèze (Larix decidua), pin sylvestre (Pinus sylvestris), Zernez GR



Forêt de conifères subalpine, épicéa (Picea abies), mélèze (Larix decidua), arole (Pinus cembra), Pontresina GR

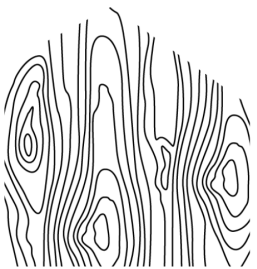


*Forêt de sapins et de hêtres de l'étage montagnard inférieur hêtre (*Fagus sylvatica*), sapin blanc (*Abies alba*),
épicéa (*Picea abies*), Vitznau LU*

Résumé de ce qui semble évident



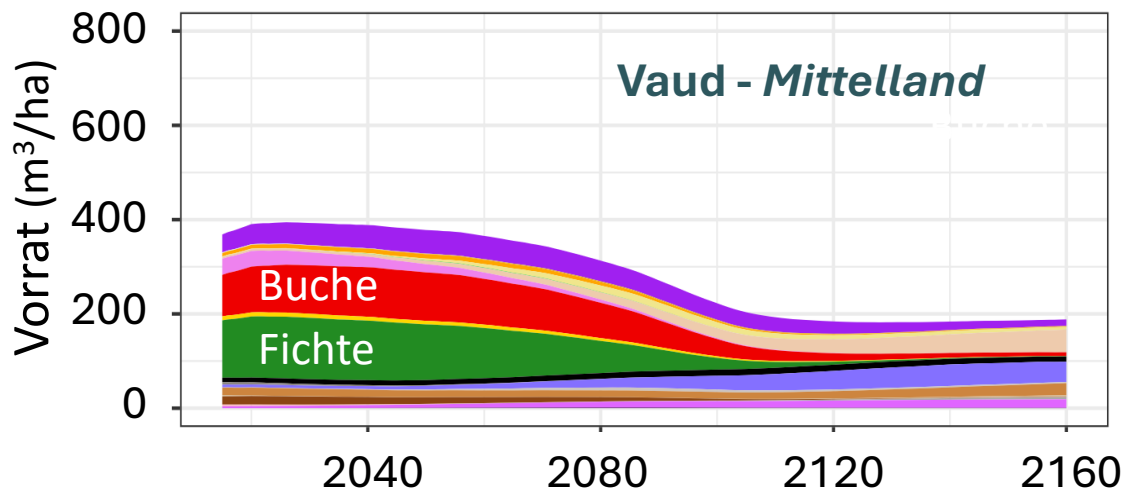
- Les notions de «bonne ou mauvaise essence» ou «bonne ou mauvaise provenance» ne suffisent pas
 - > Le potentiel de nos essences est très grand (niches fondamentales), elles offrent beaucoup de possibilités
 - > Il faut considérer les modélisations de répartition future non pas comme des «faits», mais comme des «hypothèses approx.»
- Il faut s'attendre à une diminution continue de la proportion de résineux dans le Plateau,
 - > où l'épicéa, essence forestière exotique non adaptée au site, a été planté à grande échelle (synécologie !)
- La Suisse, pays alpin, restera riche en résineux
- Les défis pour l'industrie du bois liés au changement climatique ...
 - > ... ne doivent pas être attribués à un manque de résineux
(dont la quantité devrait plutôt augmenter au cours des prochaines décennies !)
 - > ... mais sont plutôt de nature technique (récolte du bois, volume important) et logistique (transport du bois)
 - > ... avec une bonne marge de manœuvre dans le temps (> 30 ans), de sorte que des adaptations sont possibles au niveau de la transformation du bois
- Grandes opportunités pour l'industrie du bois – Des perspectives prometteuses pour les esprits ingénieux



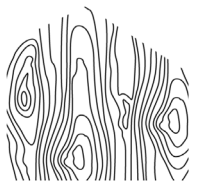
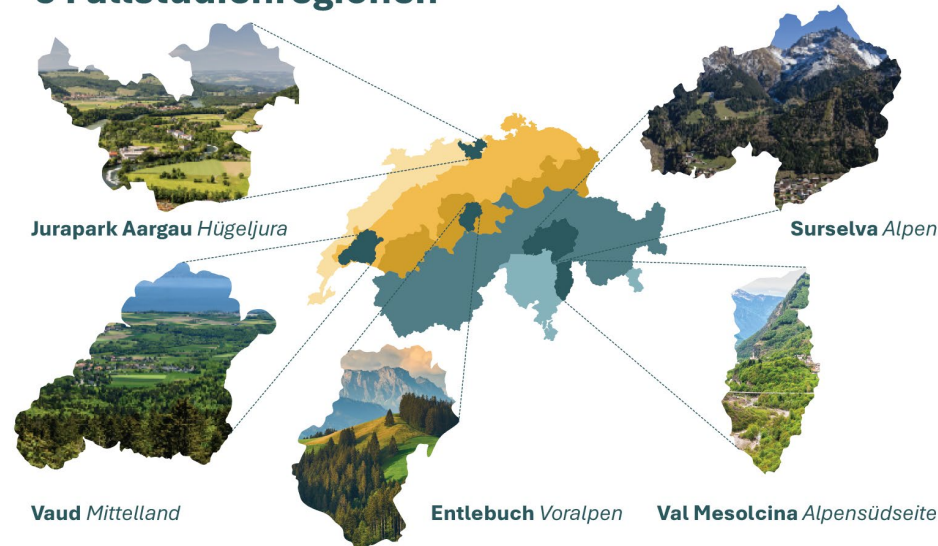
Chaîne de valeur forêt et bois

MainWood Analyse systémique, perspectives et innovation

Gestion proche de la nature actuelle & RCP 8.5



2 scénarios climatiques et 4 scénarios de 5 Fallstudienregionen



MainWood

Conférence

8. décembre 2026
ETH Zürich, Audimax

A photograph of a forest with tall, thin trees and a ground covered in moss and fallen leaves. The text "Merci de votre attention" is overlaid in white.

**Merci
de votre attention**



L'épicéa et le sapin ont-ils encore un avenir ?

Potentiels et limites de nos essences et de leurs provenances face au changement climatique

Questions ?