



Sylviculture mélangée à couvert continu

Futaie irrégulière

Adapter les forêts au changement climatique dans l'esprit d'une multifonctionnalité des espaces forestiers

Séminaire de France Nature Environnement – Île-de-France
8 juin 2023

Benoit Méheux, Pro Silva France

Sylviculture mélangée à couvert continu, de quoi parle-t-on ?

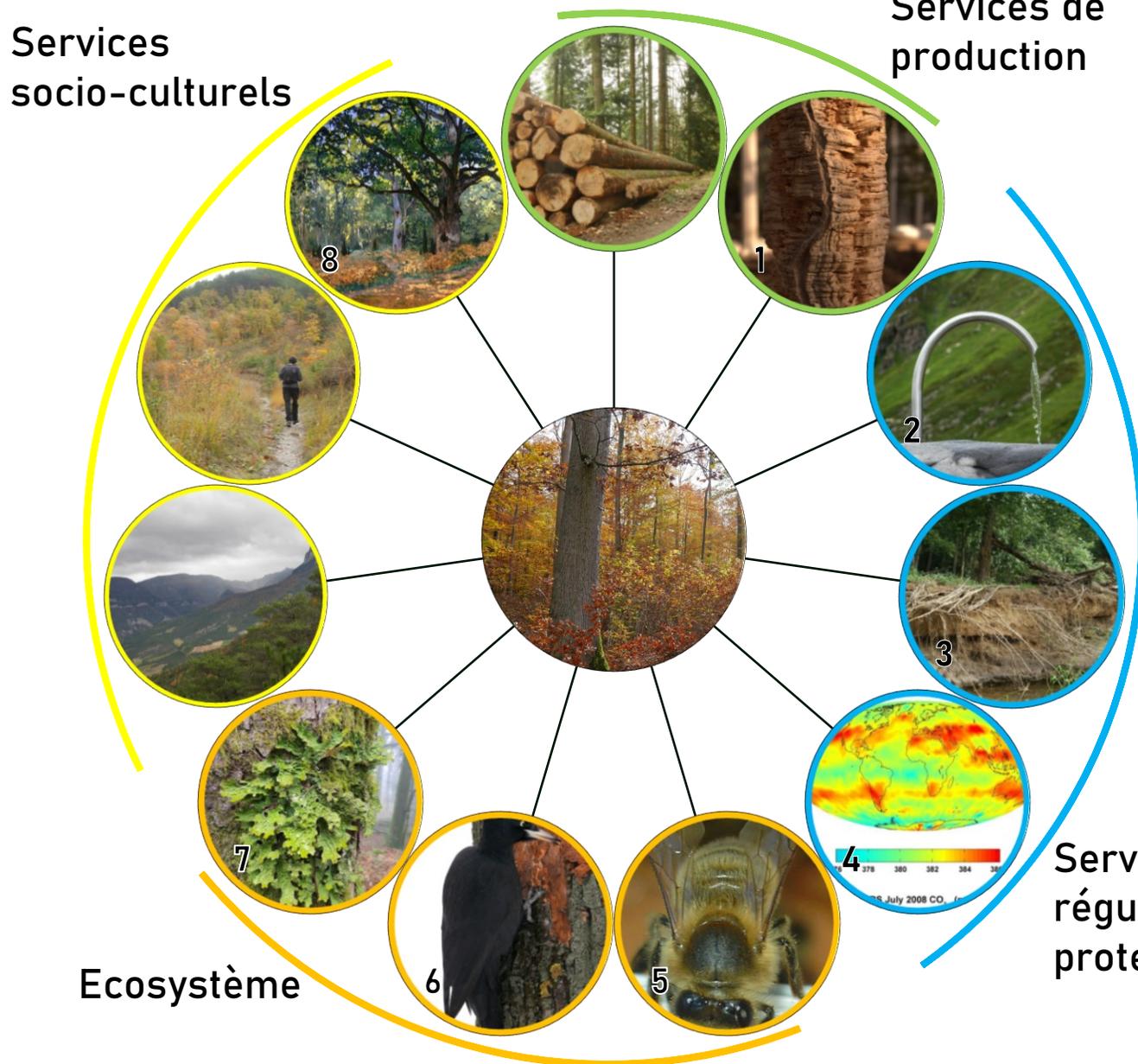
Objectifs de la gestion

Services socio-culturels

Services de production

Objectifs¹

- Valeur ajoutée et économie des moyens
- Solution « fondée sur la nature »²
- Résilience et adaptabilité face au changement climatique
- Multifonctionnalité



« La réalisation de la fonction naturelle est la condition incontournable pour le bon accomplissement des fonctions protectrices, productrices et culturelles des forêts. »
Pro Silva Europe, *Pro Silva Principles*, 2012

Services de régulation, de protection

¹ Extrait de Projet Askafor, *Référentiel SMCC - Objectifs et principes de la sylviculture mélangée à couvert continu*, 2022

² au sens de l'IUCN, *Resolution WCC-2016-Res-069*, 2016
Sources des images et photographies : voir fin de diaporama.

Sylviculture mélangée à couvert continu, de quoi parle-t-on ?

Dynamiques naturelles et préservation de la diversité des forêts



Couvert continu
Renouvellement en trouées



Régénération naturelle
privilégiée

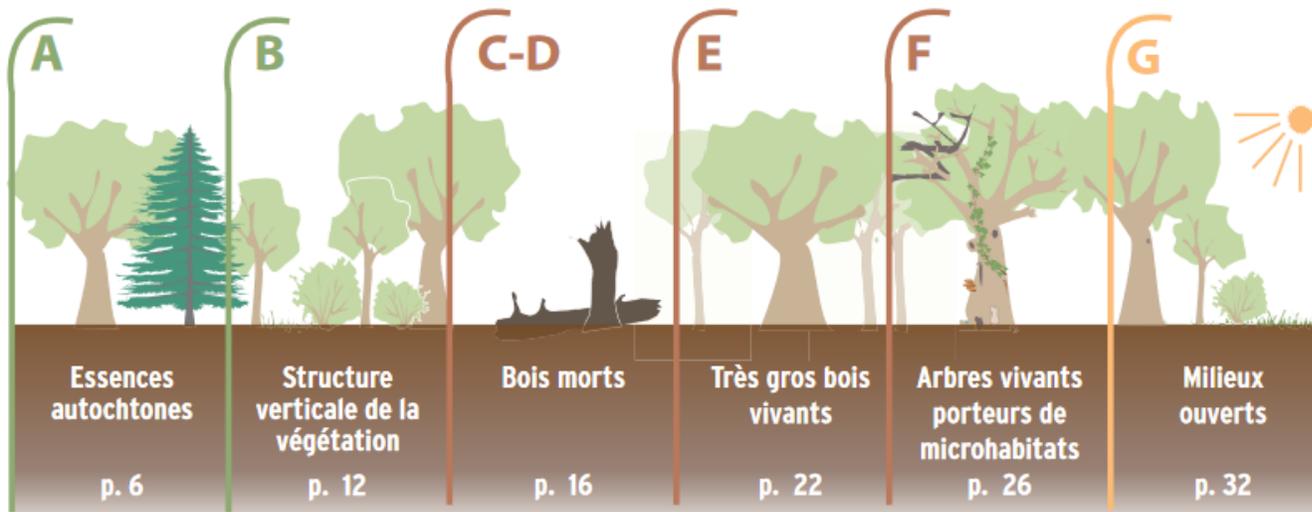


Diversité des
essences



Arbres-habitats, bois morts

7 facteurs liés au peuplement et à la gestion forestière



Facteurs favorables à la biodiversité et liés à la gestion forestière, d'après l'Indice de Biodiversité Potentielle

Illustration tirée de Emberger C., Larrieu L., Gonin P. : 2013 - Dix facteurs clés pour la diversité des espèces en forêt. Comprendre l'Indice de Biodiversité Potentielle (IBP). Document technique. Paris : Institut pour le Développement Forestier, mars 2013, 56 p.

La SMCC favorise un grand nombre de ces facteurs.
D'autres demandent des efforts, souvent supportables.

Sylviculture mélangée à couvert continu, de quoi parle-t-on ?

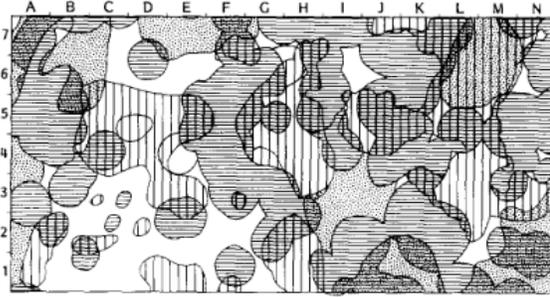
Observation des perturbations naturelles en forêt

Exemple de la réserve biologique intégrale de la Tillaie, Fontainebleau – dispositif n° 2 – 1 ha

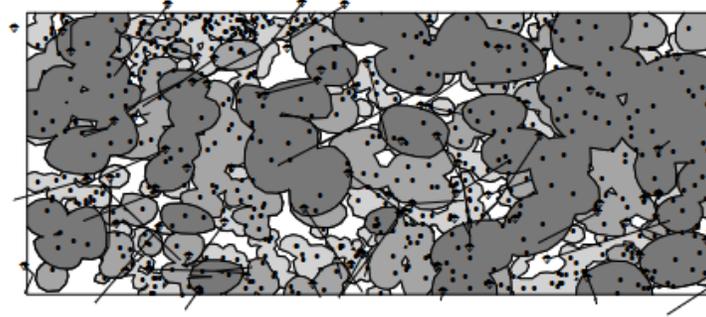
Plot 2 Fago-Quercetum

1967

before 1967

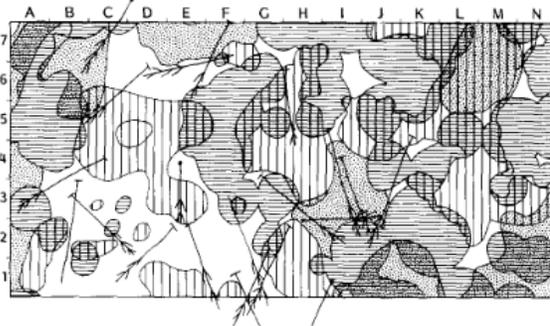


1983

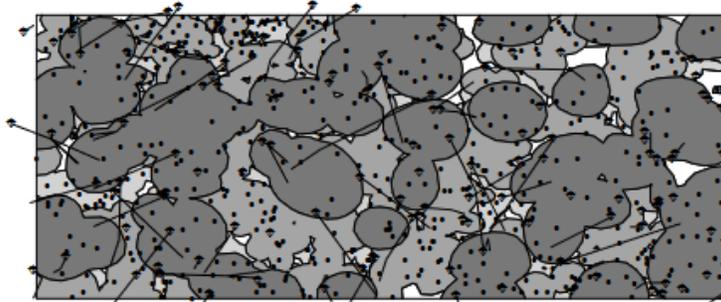


1968

before 1968

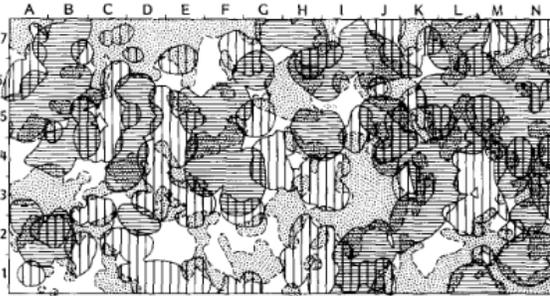


1991

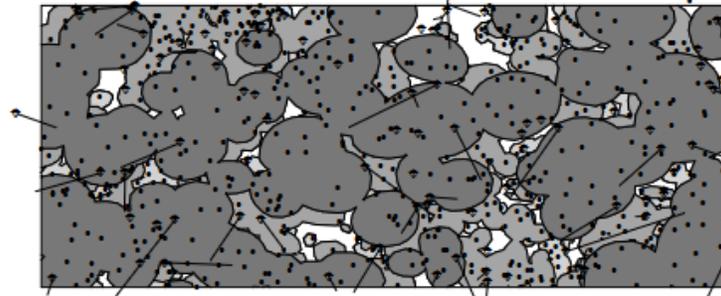


1982

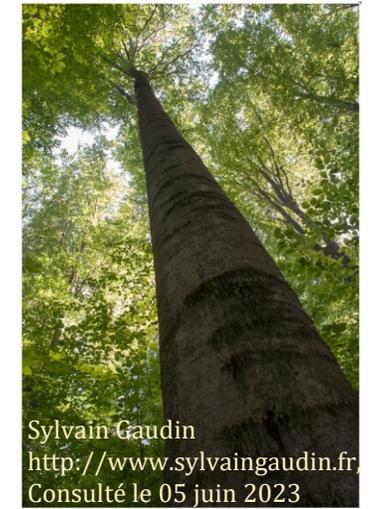
before 1982



2000



Vieux tronc bien décomposé au sol. En forêt naturelle, les arbres accomplissent leur cycle complet (germination, croissance, sénescence, décomposition).



Très gros hêtre au tronc blanc, dans la réserve intégrale de Badin.

H. Koop, P. Hilgen, *Forest dynamics and regeneration mosaic shifts in unexploited beech (Fagus sylvatica) stands at Fontainebleau (France)*, *Forest Ecology and Management*, Volume 20, Issues 1-2, 1987, Pages 135-150.

S.M.J. Wijdeven, 2003. *Stand dynamics in Fontainebleau. Dynamics in beech forest structure and composition over 17 years in La Tillaie forest reserve, Fontainebleau, France*. Wageningen, Alterra, Green World Research. 56 pp. 22 figs.; 11 tables; 29 refs.

Sylviculture mélangée à couvert continu, de quoi parle-t-on ?

Une sylviculture orientée vers la production de bois de qualité



Production de gros bois de qualité

Interventions légères et fréquentes (8-12 ans)

Dynamiques naturelles orientées petit à petit

Sylviculture « douce »
« invisible » ...

- Performance économique
- Favorable à la biodiversité
- Patrimoine et paysage

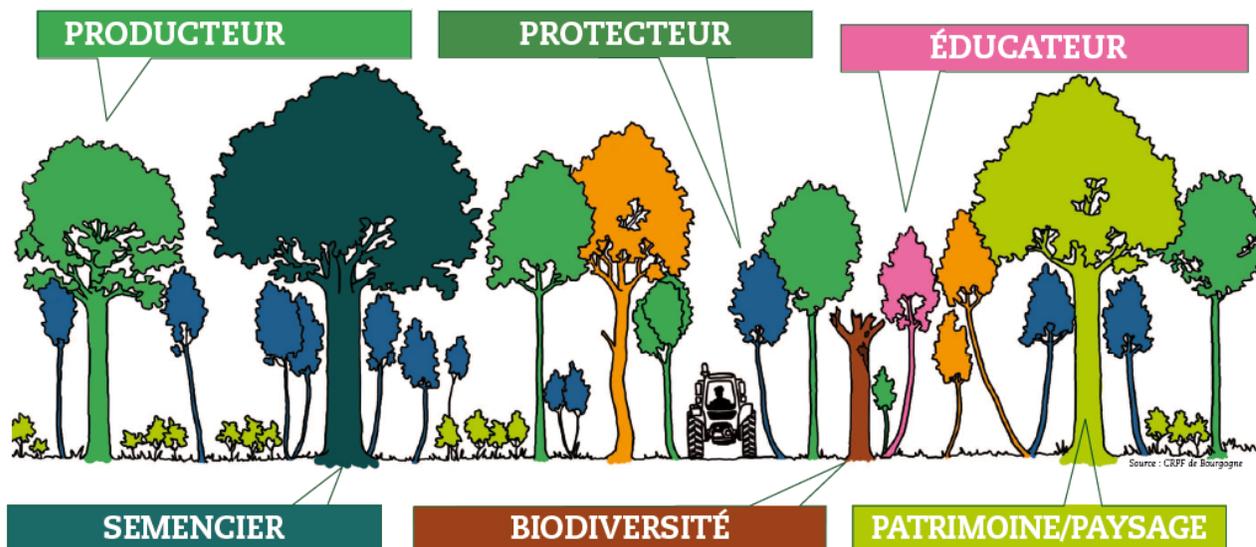
- Revenus réguliers
- Risques réduits sur des arbres « limites »
- Maîtrise des investissements
- Perturbations écologiques limitées



... mais active
« jardinage »

Sylviculture mélangée à couvert continu, de quoi parle-t-on ?

Une sylviculture d'arbre



« Ce qui ne gêne pas est utile » : chaque individu a son rôle à jouer

Exemples d'intérêt de la sylviculture d'arbres



Hydrosystèmes forestiers



Arbres-habitats et arbres de production

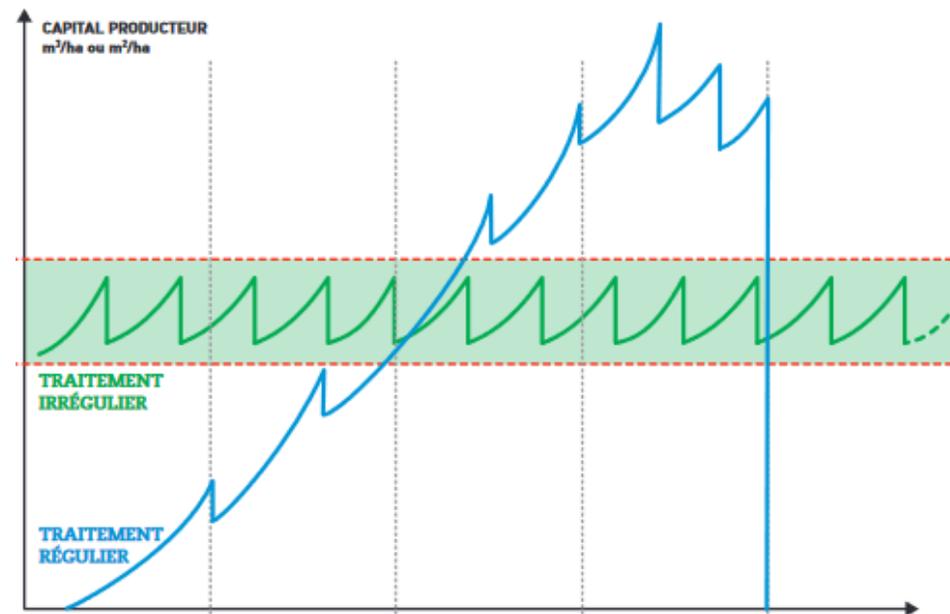


Schéma simplifié de l'organisation des coupes en traitement régulier et irrégulier

Gérer la forêt pour produire du bois de qualité en accompagnant les dynamiques naturelles, brochure de Pro Silva France.

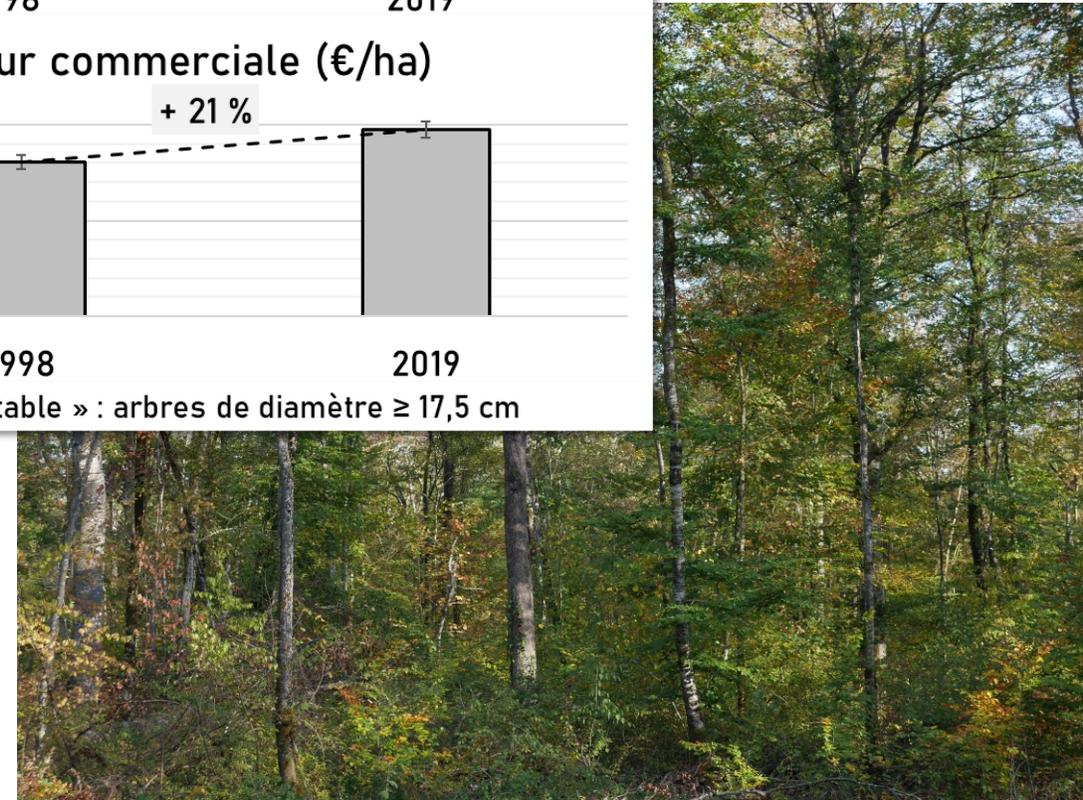
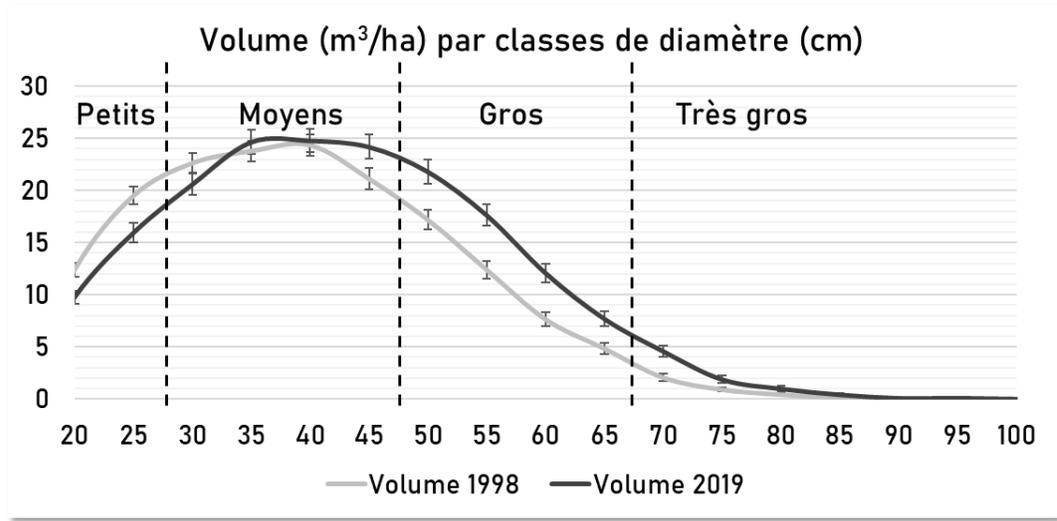
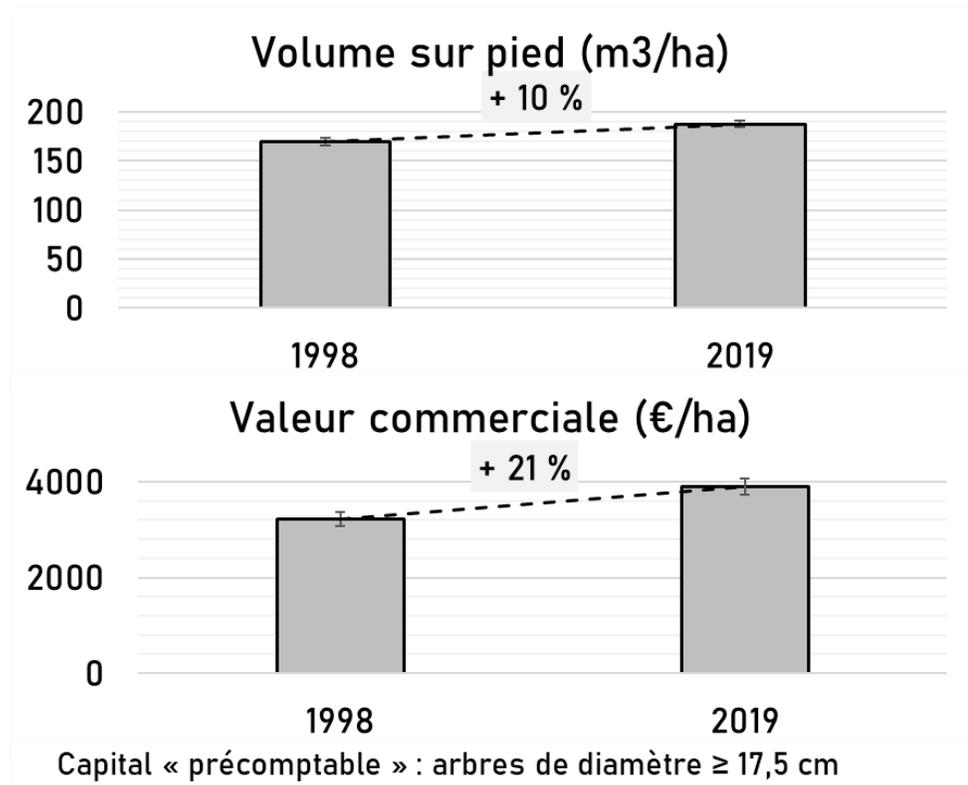
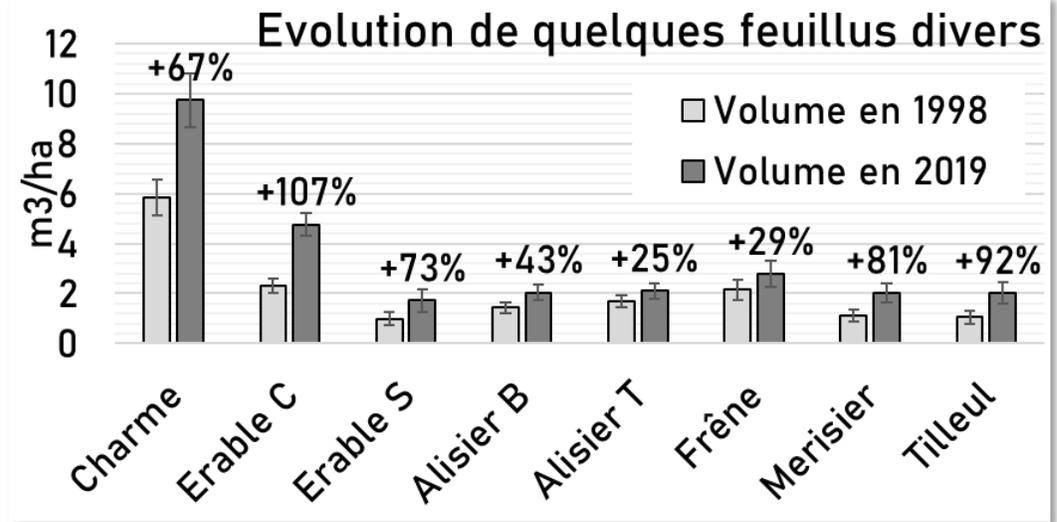
Une facilité à prendre en compte différents objectifs, avec une grande souplesse sur l'échelle spatiale et l'échelle temporelle.

Les choix économiques, écologiques, patrimoniaux peuvent être réorientés à tout moment.

Sylviculture mélangée à couvert continu, de quoi parle-t-on ?

Quelques résultats

Forêt du syndicat intercommunal de gestion forestière de la région d'Auberive, Haute-Marne



Sylviculture mélangée à couvert continu, de quoi parle-t-on ?

Quelques résultats

Forêt privée à Sturzelbronn, Moselle

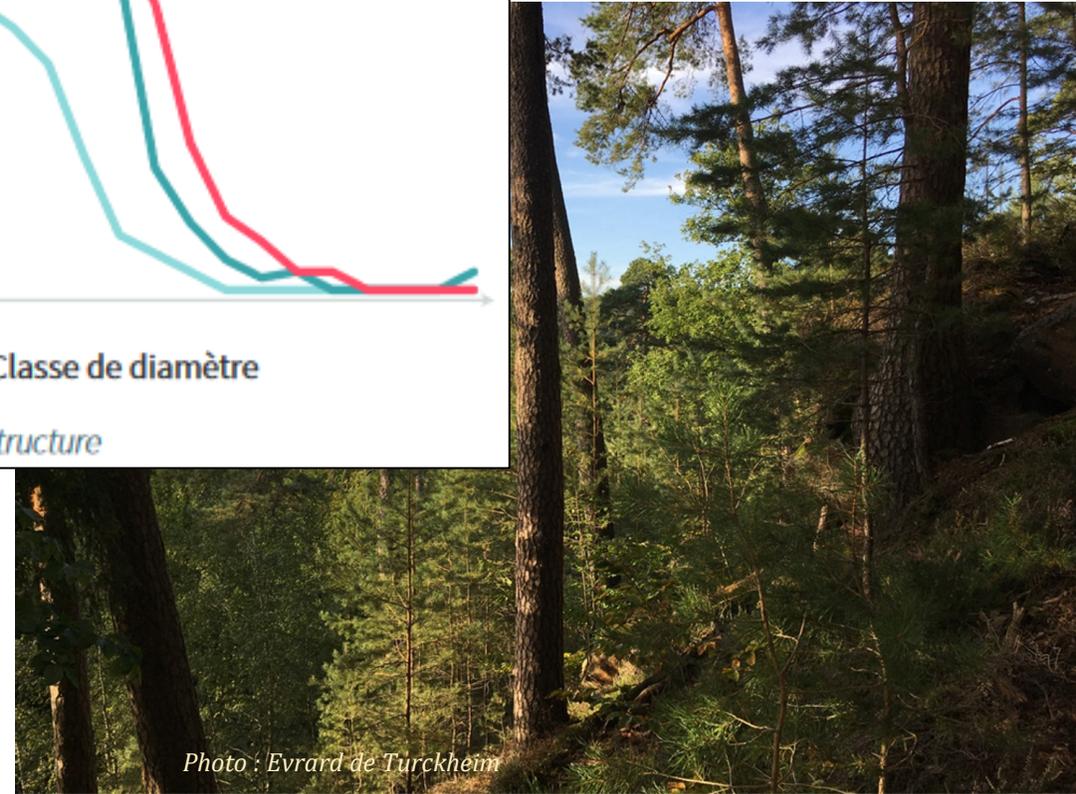
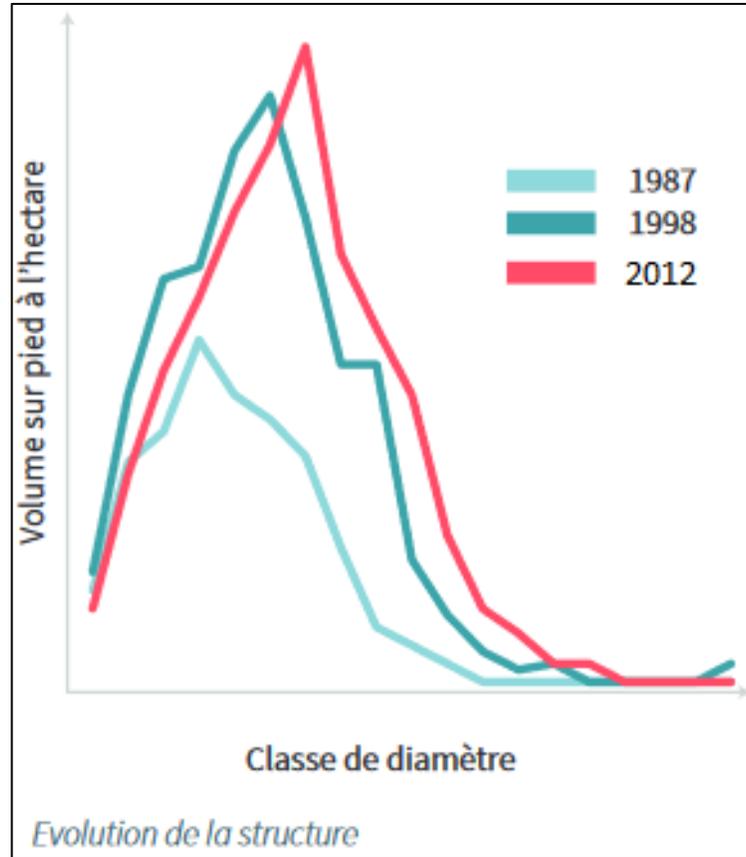
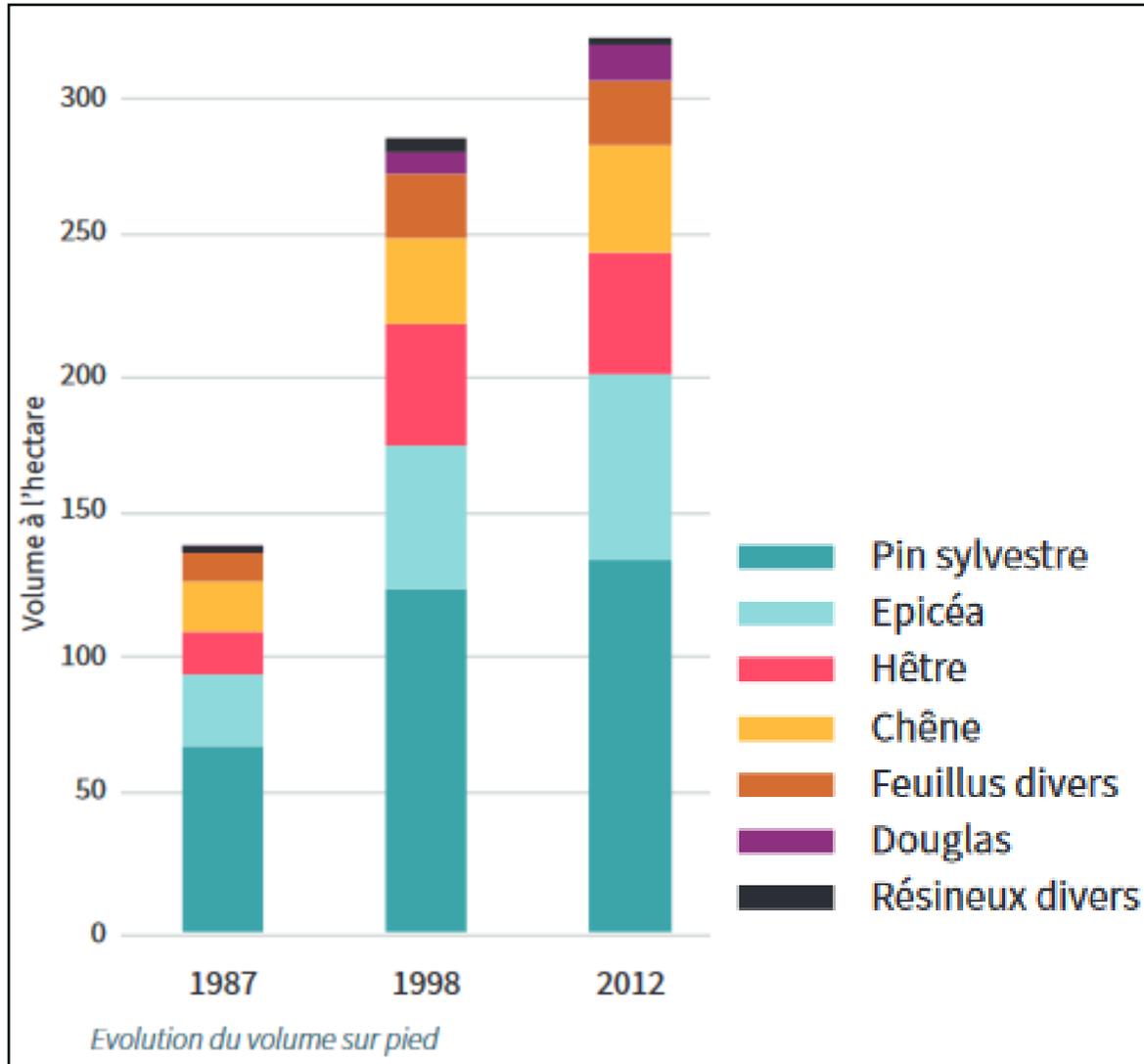


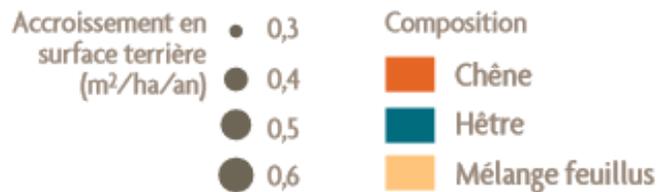
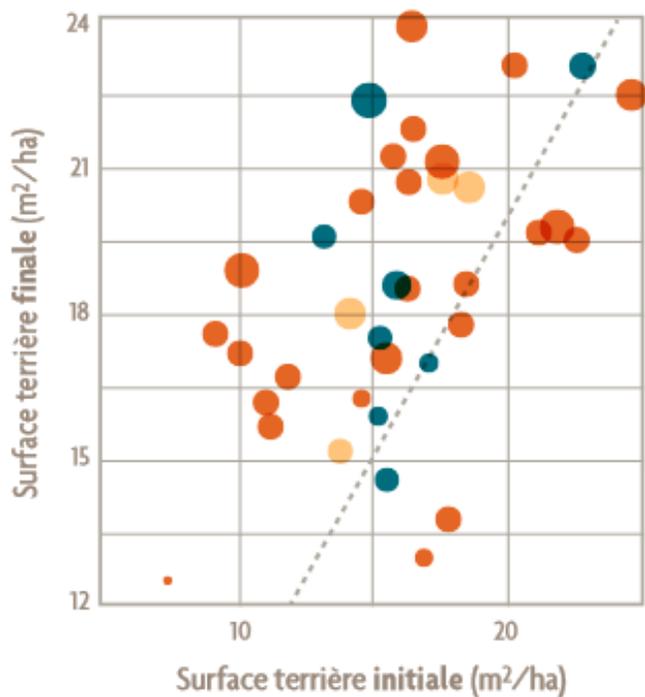
Photo : Evrard de Turckheim

Sylviculture mélangée à couvert continu, de quoi parle-t-on ?

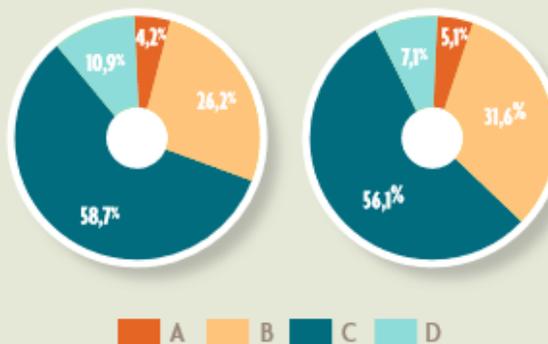
Quelques résultats

Synthèse des dispositifs de l'Association futaie irrégulière (AFI)

ÉVOLUTION DES SURFACES TERRIÈRES DES PEUPELEMENTS FEUILLUS (CHÊNE, HÊTRE ET MÉLANGE)



Premier inventaire Dernier inventaire (4^e, 5^e ou 6^e)



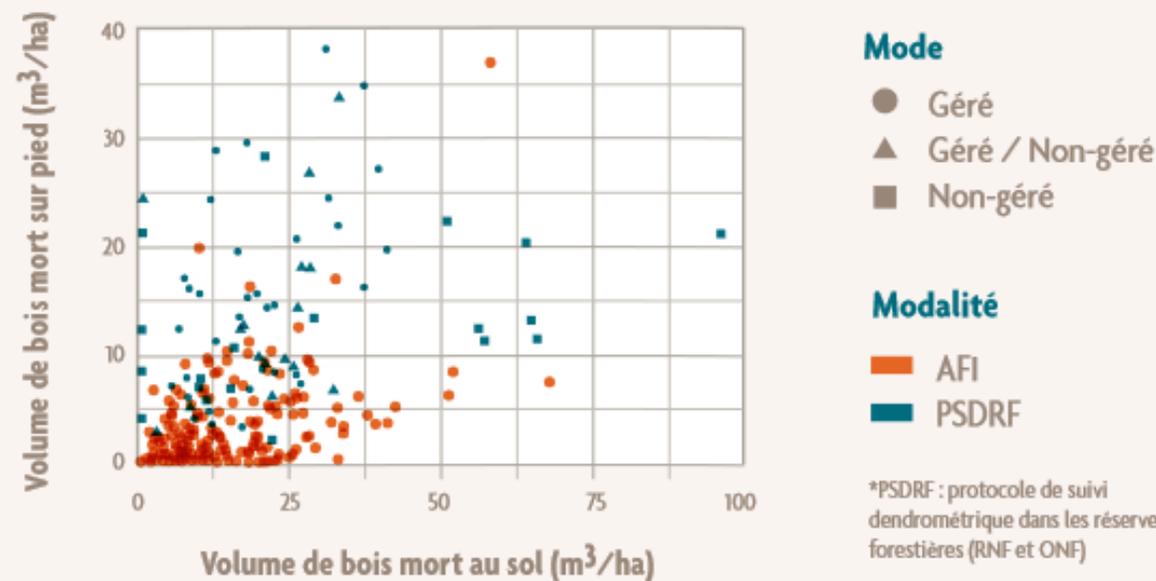
↑ Qualité des bois
A est la meilleure qualité

Premier inventaire Dernier inventaire (4^e, 5^e ou 6^e)



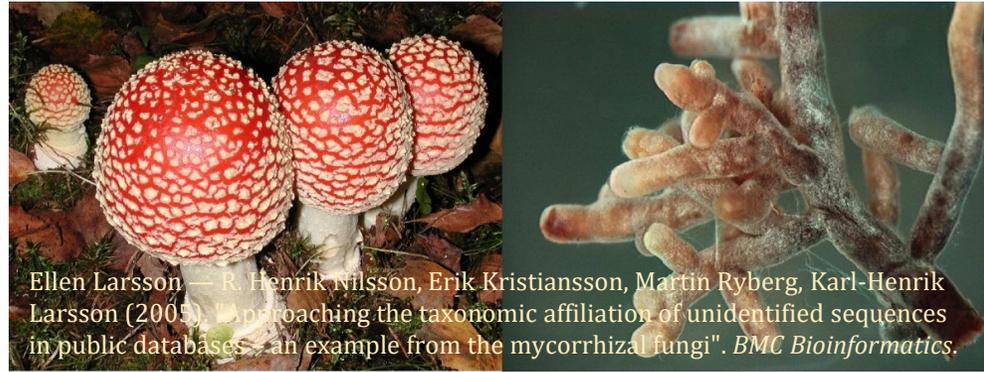
↑ Catégorie de grosseur
PB : petits bois, BM : bois moyens, (T)GB : (très) gros bois

COMPARAISON DES VOLUMES DE BOIS MORT ENTRE LES RÉSEAUX DE SUIVI AFI ET PSDRF*



SMCC, quelle capacité d'adaptation au changement climatique ? Une proposition pour maintenir un écosystème forestier stable, riche et en bonne santé

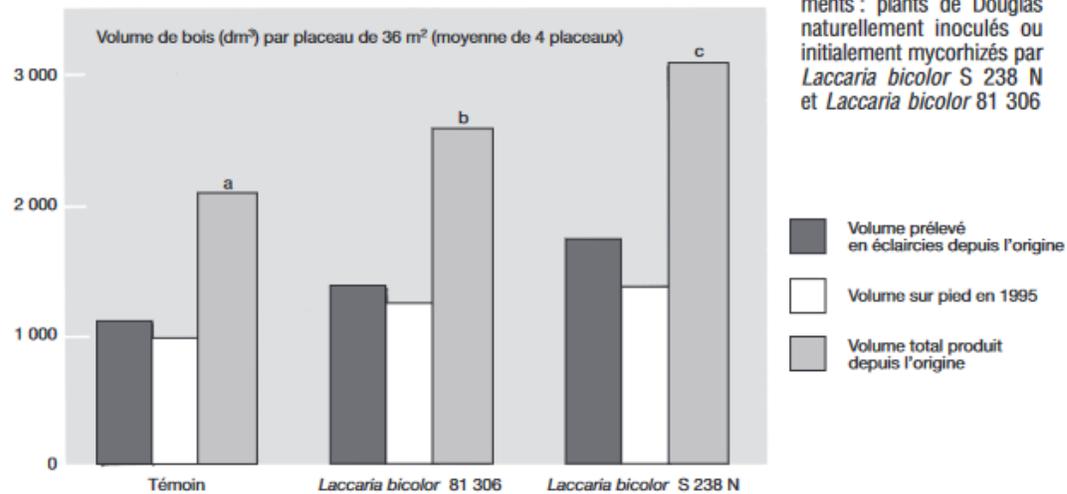
Exemple des mycorhizes



Ellen Larsson — R. Henrik Nilsson, Erik Kristiansson, Martin Ryberg, Karl-Henrik Larsson (2005). "Approaching the taxonomic affiliation of unidentified sequences in public databases - an example from the mycorrhizal fungi". *BMC Bioinformatics*.

Effet de la mycorhization sur la production

Figure 2 **ESSAI DE BALLANDEIX, volume total de bois en dm³ produit en 1995 depuis l'origine, volume de bois en dm³ prélevé en éclaircie depuis l'origine, volume de bois sur pied en 1995 en dm³ en fonction des trois traitements : plants de Douglas naturellement inoculés ou initialement mycorhizés par *Laccaria bicolor* S 238 N et *Laccaria bicolor* 81 306**



François Le Tacon, D. Mousain, Jean Garbaye, Daniel Bouchard, Jean-Louis Churin, et al.. *Mycorhizes, pépinières et plantations forestières en France*. Revue forestière française, 1997, 49 (sp), pp.131-154.

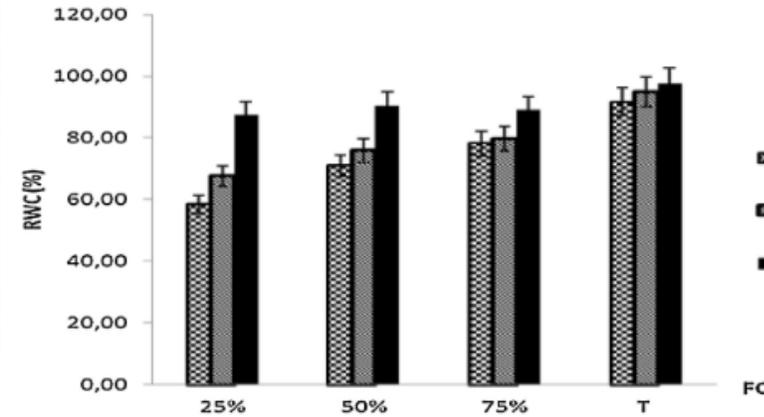
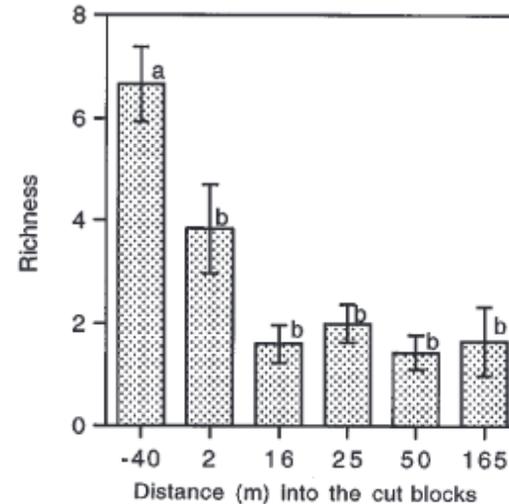


Fig. 3. Relative water content of shoots of seedlings of *Cupressus atlantica* : aged ten months and subjected to different treatments after a 4-month period of water stress.

Teneur en eau de pousses de cèdres en sol stérile (Cas), non-stérile (CA) ou mycorhizés (AMF), dans différentes conditions de stress hydrique

Lamia Zarik, Abdelilah Meddich, Mohamed Hijri, Mohamed Hafidi, Ahmed Ouhammou, Lahcen Ouahmane, Robin Duponnois, Ali Boumezzough, Use of arbuscular mycorrhizal fungi to improve the drought tolerance of *Cupressus atlantica* G., *Comptes Rendus Biologies*, Volume 339, Issues 5-6, 2016, Pages 185-196.



Diversité des mycorhizes en fonction de l'éloignement à la lisière, 2 ans après la coupe.

Shannon M Hagerman, Melanie D Jones, Gary E Bradfield, M Gillespie, and D M Durall. 2011. Effects of clear-cut logging on the diversity and persistence of ectomycorrhizae at a subalpine forest. *Canadian Journal of Forest Research*. 29(1): 124-134.

Les mycorhizes améliorent la croissance des arbres, leur résistance aux sécheresses et semblent sensibles à la perte du couvert forestier.

SMCC, quelle capacité d'adaptation au changement climatique ? Une proposition pour maintenir un écosystème forestier stable, riche et en bonne santé

Exemple de la sensibilité aux insectes défoliateurs

Effet de la diversité en essences d'arbres sur la proportion de houppier attaqué

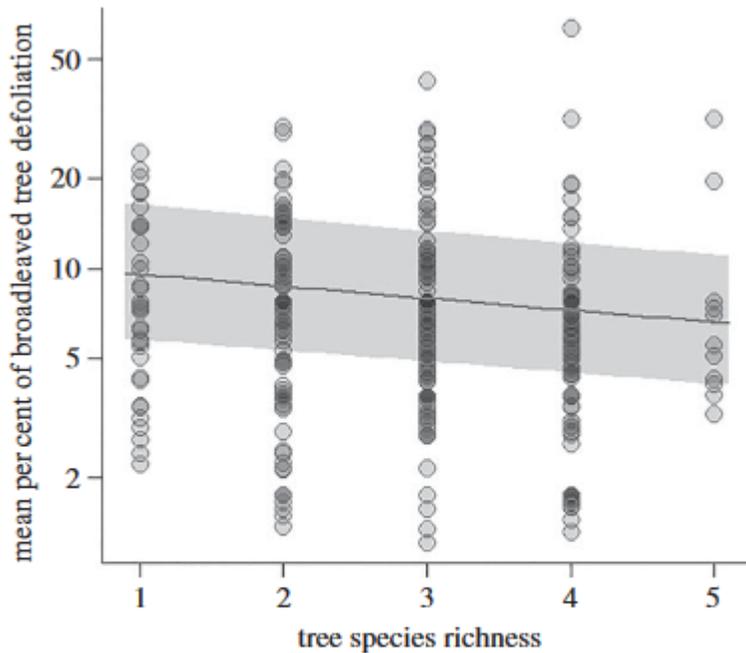


Figure 1. Relationship between mean percentage of broadleaved tree defoliation per forest plot ($n = 328$) and tree species richness in semi-natural, mature European forests. The solid line and the shaded area show predictions from linear-mixed model with corresponding confidence interval.

Guyot, V., Castagneyrol, B., Vialatte, A., Deconchat, M., & Jactel, H. (2016). Tree diversity reduces pest damage in mature forests across Europe. *Biology Letters*, 12(4), 20151037.

Réponse des espèces à la défoliation dans des peuplements mélangés.

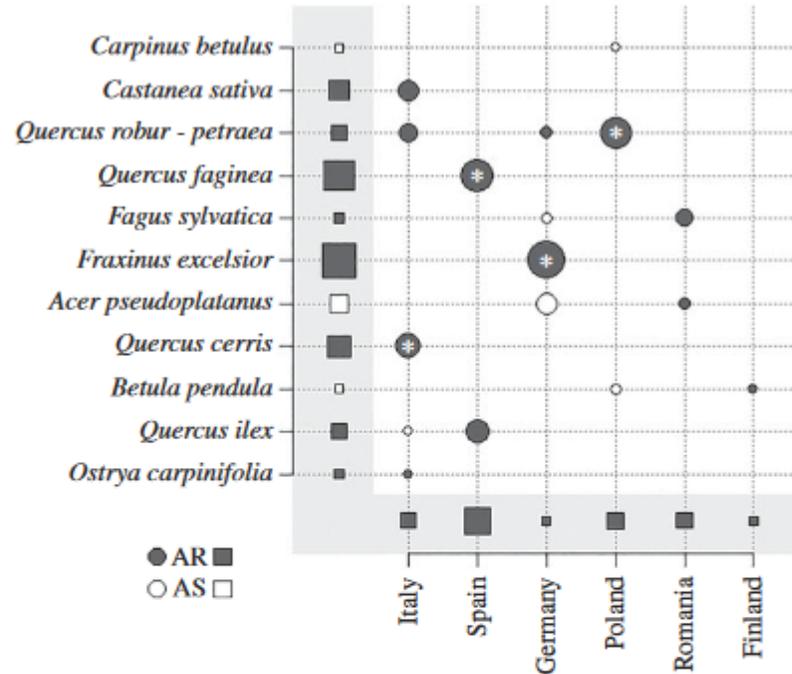


Figure 2. Species-specific and country-specific responses of defoliation to tree species richness. Symbol size is proportional to model parameter estimate (i.e. regression slope). Dark dots indicate negative slopes (associational resistance, AR), white dots indicate positive slopes (associational susceptibility, AS). An asterisk within a dot indicates a significant relationship. Within grey areas, squares represent weighted mean of slopes across species and across countries. Countries were ordered from the warmest to the coldest.

Rond gris = diminution de la vulnérabilité
Rond blanc = augmentation de la vulnérabilité
Astérisque = résultat significatif



Alciphron-Enka — Travail personnel, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=113821558>

Le mélange d'essences est un facteur qui peut permettre de réduire la sensibilité aux insectes défoliateurs.

SMCC, quelle capacité d'adaptation au changement climatique ? Une proposition pour maintenir un écosystème forestier stable, riche et en bonne santé

Résistance aux sécheresses

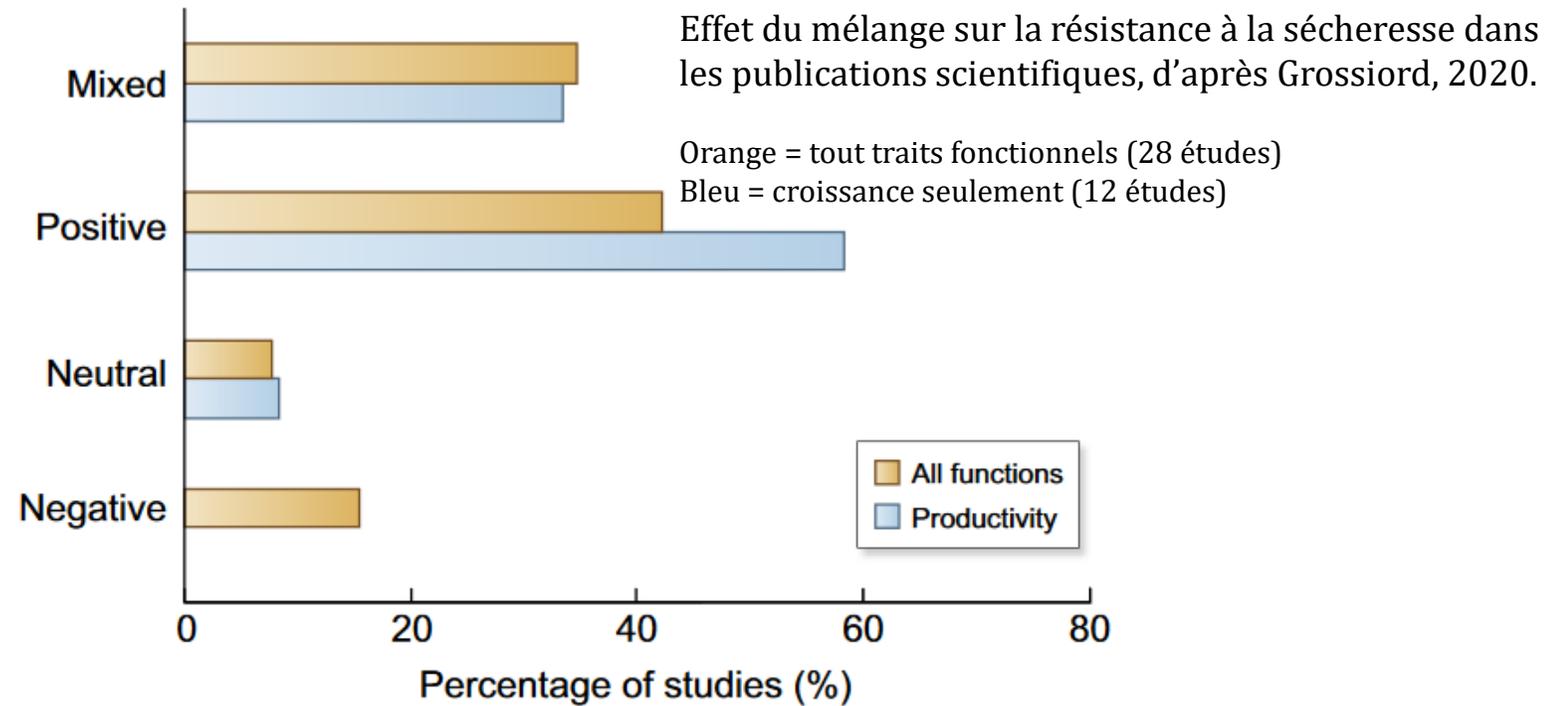
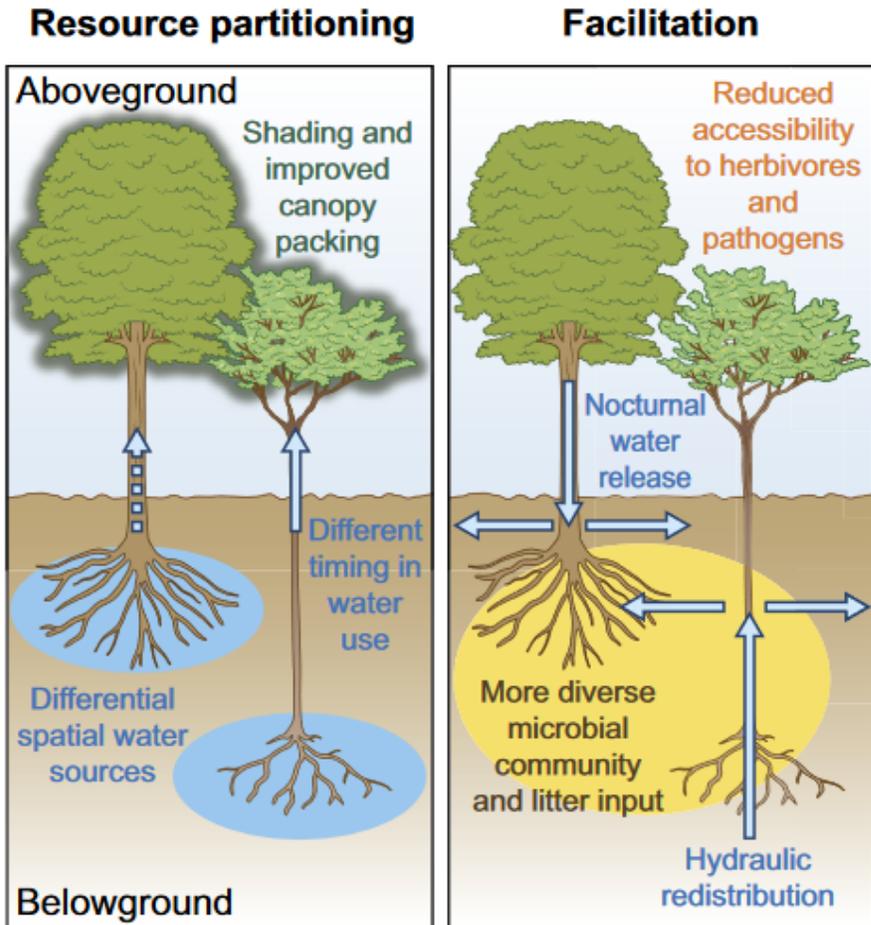


Fig. 3 Percentage of studies finding mixed, positive, neutral and negative effects of diversity on tree responses to drought for all studies (orange bars represent all functions, $n = 28$) or for studies that only used productivity as an indicator of drought impacts at the tree-level (blue bars, $n = 12$).

Grossiord, C. (2020), Having the right neighbors: how tree species diversity modulates drought impacts on forests. *New Phytol*, 228: 42-49.

Le mélange d'essences peut permettre une complémentarité dans l'utilisation des ressources et des processus de facilitation... mais aussi de la compétition. L'effet positif des mélanges sur la résistance à la sécheresse est plus fréquemment observé mais n'est pas systématique. Au sein d'un même peuplement, les différentes espèces ne réagissent pas toujours dans le même sens.

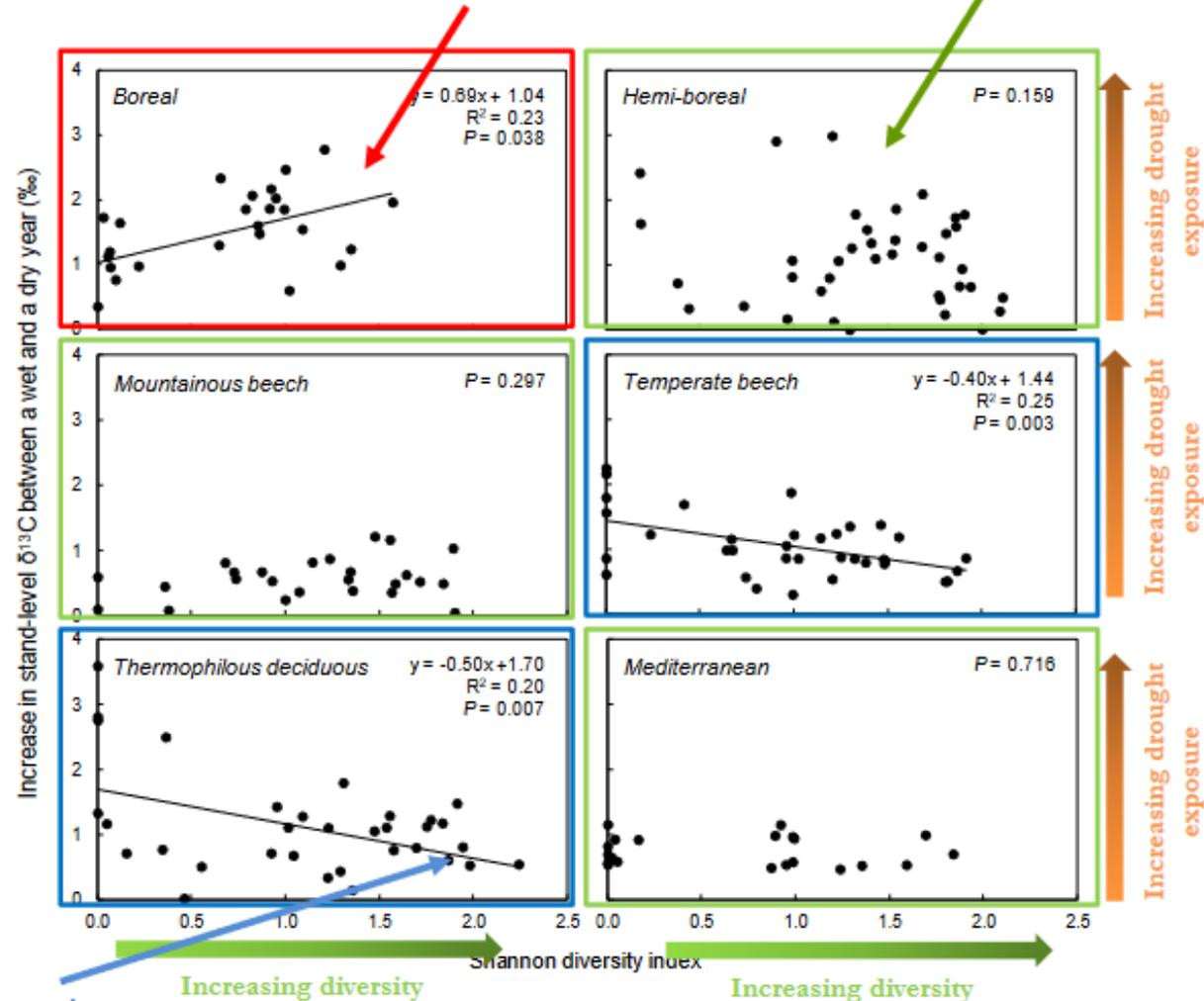
SMCC, quelle capacité d'adaptation au changement climatique ? Une proposition pour maintenir un écosystème forestier stable, riche et en bonne santé

Résistance aux sécheresses

Results

Lower drought resistance
in species-rich forests

No effect of species
diversity



Higher drought resistance
in species-rich forests

Damien Bonal, Charlotte Grossiord, André Granier,
Arthur Gessler. Tree diversity does not always improve
resistance of forest ecosystems to drought. Reunion
annuelle du Labex ARBRE, Oct 2014, Nancy, France. 15 p.

SMCC, quelle capacité d'adaptation au changement climatique ? Une proposition pour reconstituer l'écosystème après des événements extrêmes

Exemple des attaques de scolytes sur épicéas



Epicéas purs scolytés, forêt fermée

La lisière permettra-t-elle une recolonisation naturelle de la forêt ? Il faudra du temps, voire des investissements coûteux.



Epicéas purs scolytés, forêt éclaircie

L'éclaircie du peuplement avant la crise a permis à une régénération diversifiée de s'installer. Les investissements seront limités.



Bouquets d'épicéas scolytés

La forêt est affectée, mais pourra réagir plus vite. Le couvert forestier n'est pas perdu, au bénéfice de l'écosystème et du patrimoine du propriétaire.

Les espèces ne sont pas toutes sensibles de la même façon aux aléas biotiques ou abiotiques. Les risques sont répartis. Le mélange d'essences et la présence de différentes strates de végétation diminue la sensibilité des peuplements et facilite le retour à l'état boisé.

SMCC, quelle capacité d'adaptation au ... reconstituer l'écosystème après des

... proposition pour ...

Modification du micro-climat

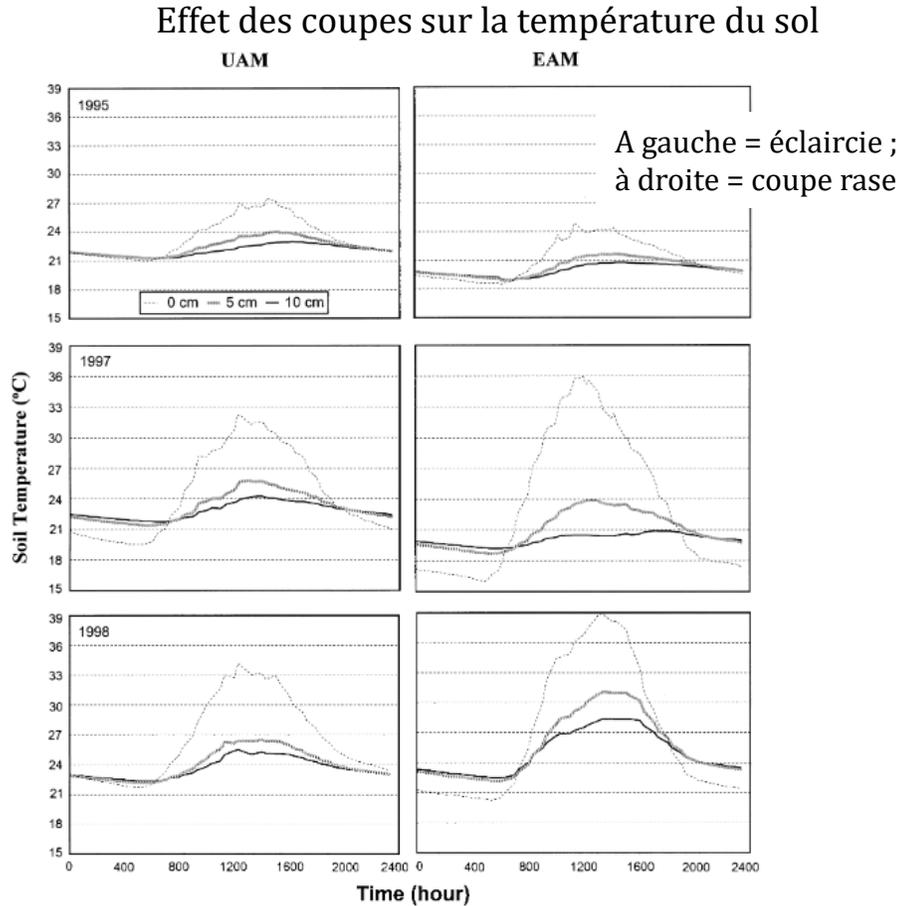
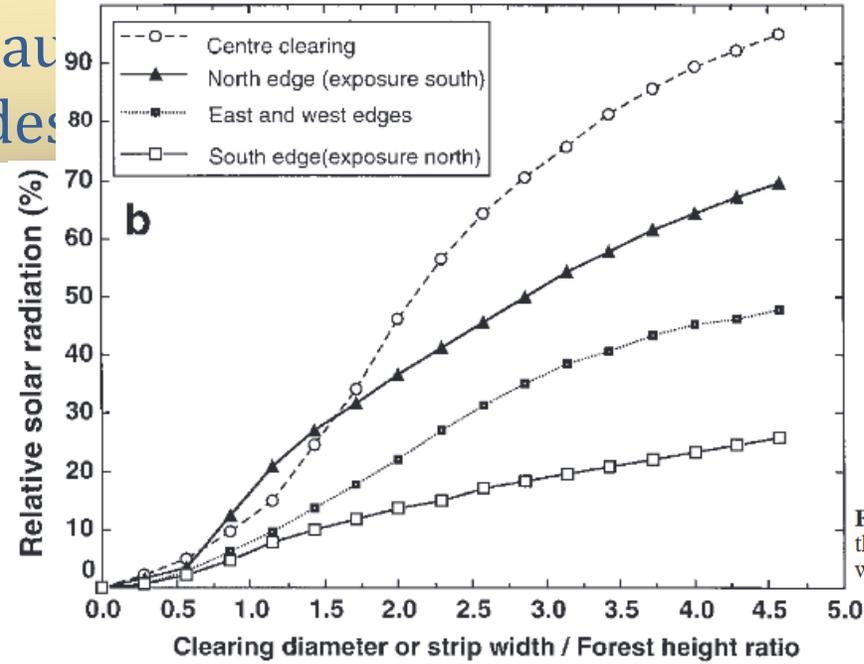


Fig. 6. Diurnal changes of soil temperature (°C) variations at the depths of 0, 5, and 10 cm within an 80 x 80 m grid in the study area during the summers of 1995 (pre-harvest), 1997 and 1998 (post-harvest) at uneven- and even-aged sites

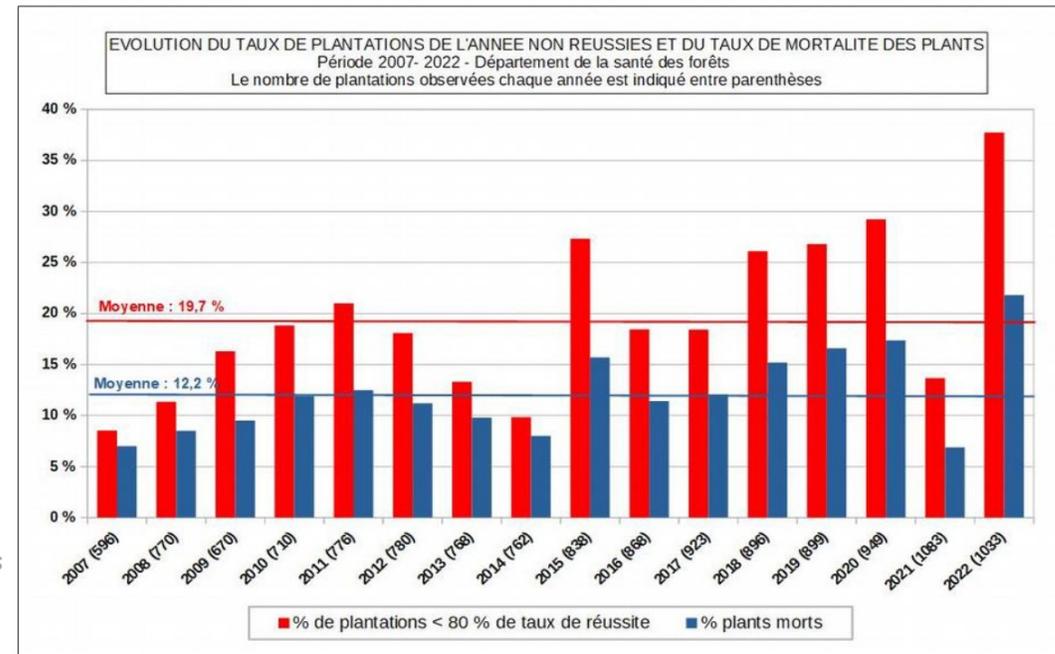
Zheng, D., Chen, J., Song, B., Xu, M., Sneed, P., & Jensen, R. (2000). Effects of silvicultural treatments on summer forest microclimate in southeastern Missouri Ozarks. *Climate Research*, 15(1), 45-59.



Augmentation du rayonnement en fonction de la taille de l'ouverture

Aussenac, G. (2000). Interactions between forest stands and microclimate: ecophysiological aspects and consequences for silviculture. *Annals of forest science*, 57(3), 287-301.

Figure 2. The increase in relative solar radiation as the size of the clearing or strip increases (Clearing ratio diameter or strip width/Forest height) (Redrawn from Roussel 1972).



Bilan 2007-2022 de la réussite des plantations en France

Ministère de l'agriculture et de la souveraineté alimentaire, Département santé des forêts. *Bilan de la santé des forêts en 2022, Bilan de la réussite des plantations forestières de l'année*. Janvier 2023.

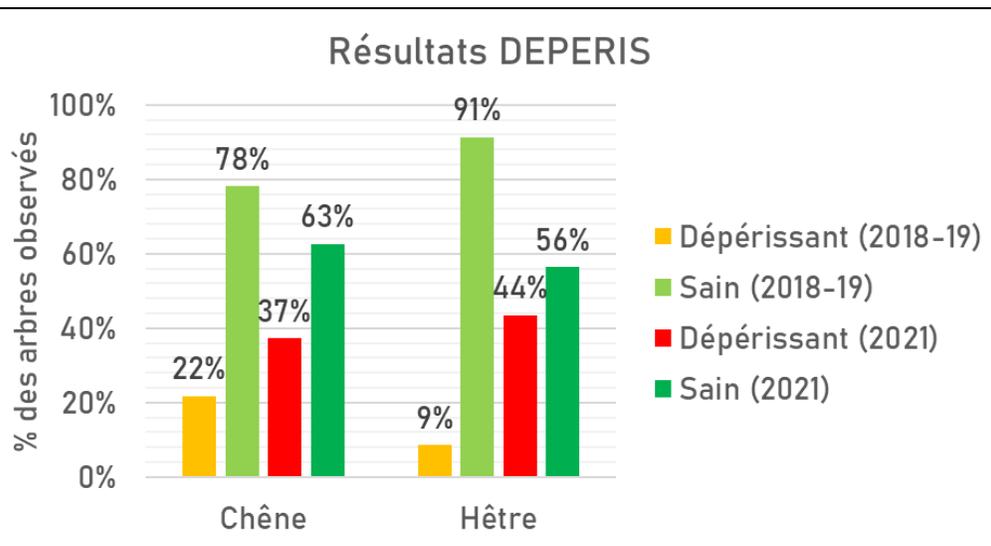
Des prélèvements modérés limitent la modification du micro-climat, facilitant la survie des jeunes arbres.

SMCC, quelle capacité d'adaptation au changement climatique ? Une proposition pour reconstituer l'écosystème après des événements extrêmes

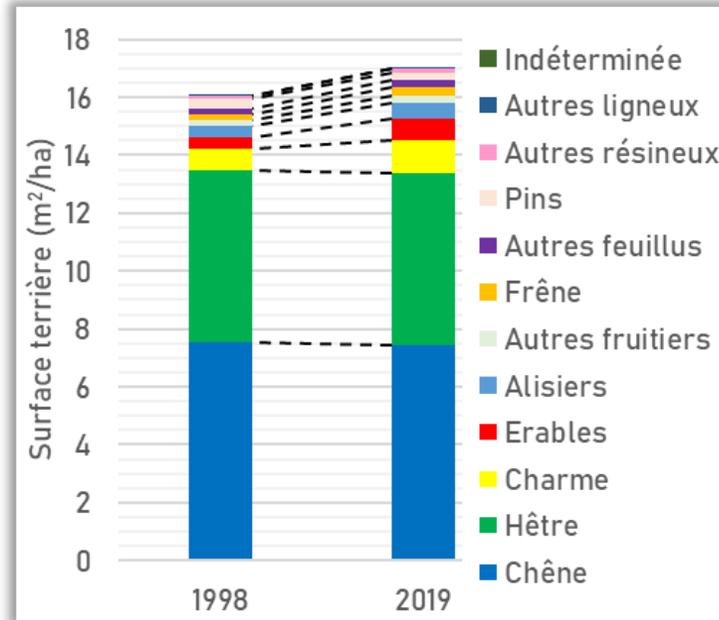
Exemple du dépérissement du hêtre

Forêt du syndicat intercommunal de gestion forestière de la région d'Auberive

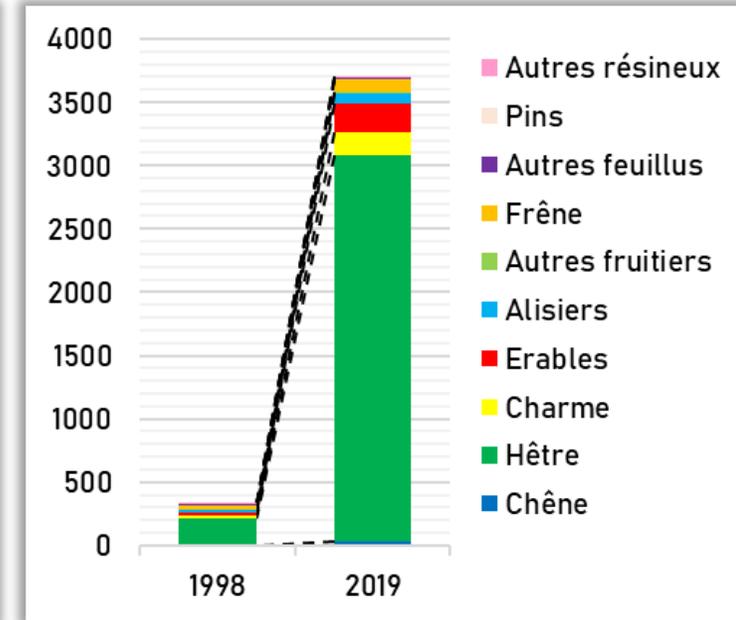
Evolution de l'état sanitaire après 3 années de sécheresse



Evolution de la composition de la forêt en 20 ans



Evolution de la régénération en 20 ans



Pro Silva France, Projet Forêt irrégulière école dans le Parc national de forêts. *La sylviculture mélangée à couvert continu, résultats du suivi de 20 ans de gestion.* annexes au rapport publié, communication personnelle, 2021, coordination : B. Méheux.

La forêt du SIGFRA a été durement touchée par des dépérissements, notamment sur le hêtre. Le travail du gestionnaire visant à favoriser d'une part les essences minoritaires et d'autre part l'émergence d'une régénération diversifiée permet de limiter les conséquences sur les peuplements.

SMCC, quelle capacité d'adaptation au changement climatique ?

Anticiper les crises, avec souplesse et en tenant compte des incertitudes

Agir sur la composition du renouvellement forestier



si insatisfaisant

- quantité
- qualité
- composition



- Travaux forestiers au profit des essences d'intérêt



- Plantation en petits collectifs
- Profitant de l'accompagnement de la végétation naturelle

Coupe = nouvelles ouvertures = nouvelles options possibles dans un même peuplement.

→ décisions « en continu », en fonction des connaissances disponibles (qui évoluent !)

Des investissements ponctuels peuvent être répartis sur une grande surface.

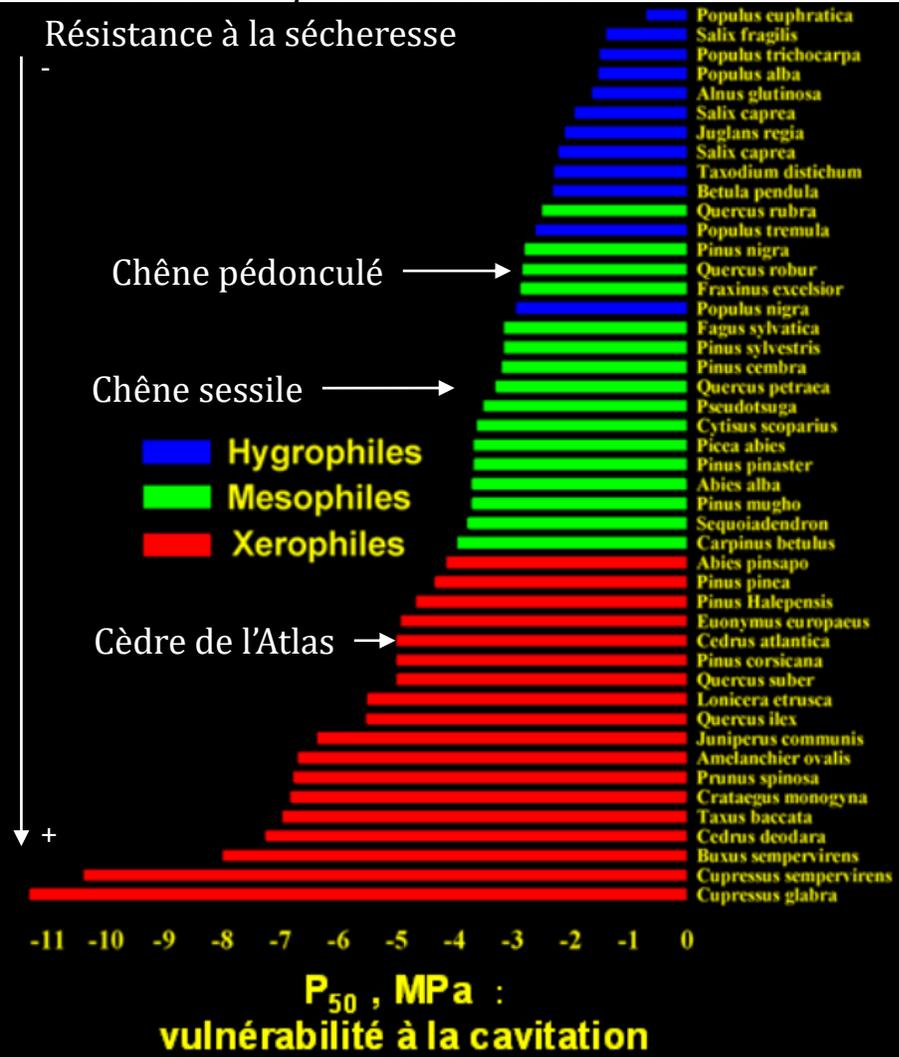
Exemple des connaissances actuelles sur une station de plateaux calcaires
Colonne N à O : présence actuelle de l'espèce dans 3 ensembles géographiques.
Colonne MT et LT : présence supposée à moyen et long terme (rose : favorable, violet : défavorable).

		Essences				N	C	O	E	MT	LT
Autochtones	Alisier blanc										
	Alisier torminal										
	Bouleau verruqueux										
	Charme										
	Chêne pédonculé										
	Chêne pubescent										
	Chêne sessile										
	Cormier										
	Érable champêtre										
	Érable à feuilles d'obier										
	Érable plane										
	Érable sycomore										
	Frêne commun										
	Hêtre										
	Merisier										
Allochtones	Orme champêtre										
	Orme de montagne										
	Poirier / Pommier										
	Tilleul à grandes feuilles										
	Tilleul à petites feuilles										
	Aulne à feuilles en cœur										
	Cèdre de l'Atlas										
	Douglas										
	Epicéa commun										
	Mélèze d'Europe										
	Pin laricio de Calabre										
Pin laricio de Corse											
Pin noir d'Autriche											
Pin sylvestre											
Sapin de Bornmuller											
Sapin de Nordmann											

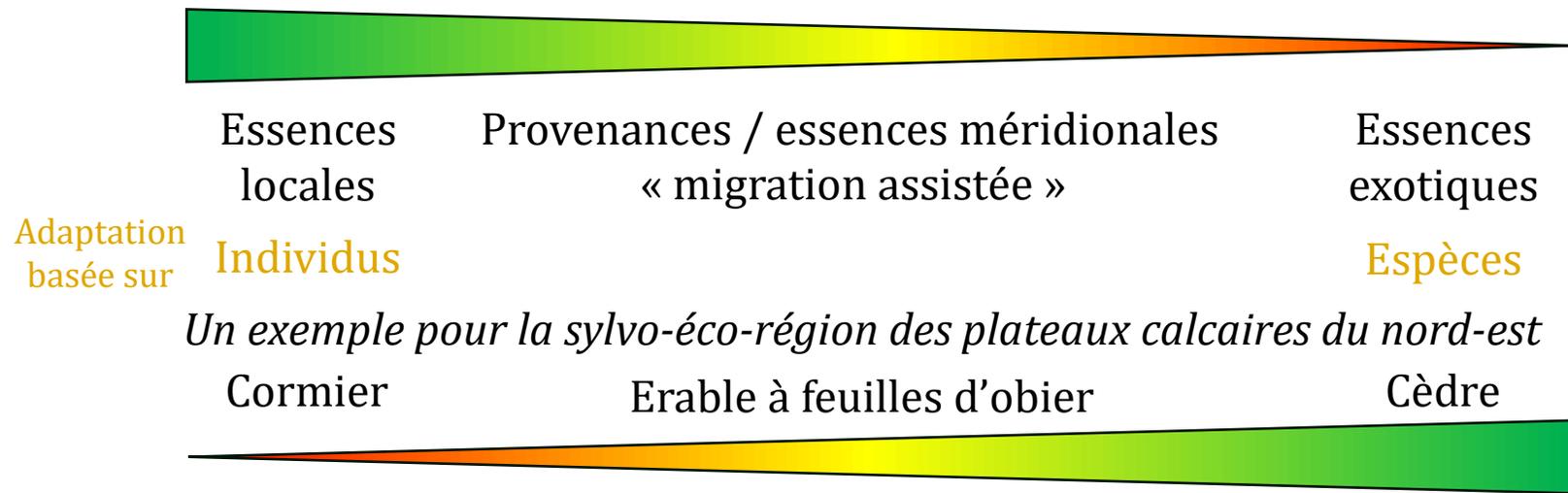
SMCC, quelle capacité d'adaptation au changement climatique ?

Anticiper les crises, avec souplesse et en tenant compte des incertitudes

Plantations : quelles essences ?



Adaptation à l'écosystème



Résistance connue à la sécheresse

Schéma d'illustration, pouvant ne pas être vérifié au cas par cas.

Adaptation au climat actuel ?

Productivité sous le climat futur ?

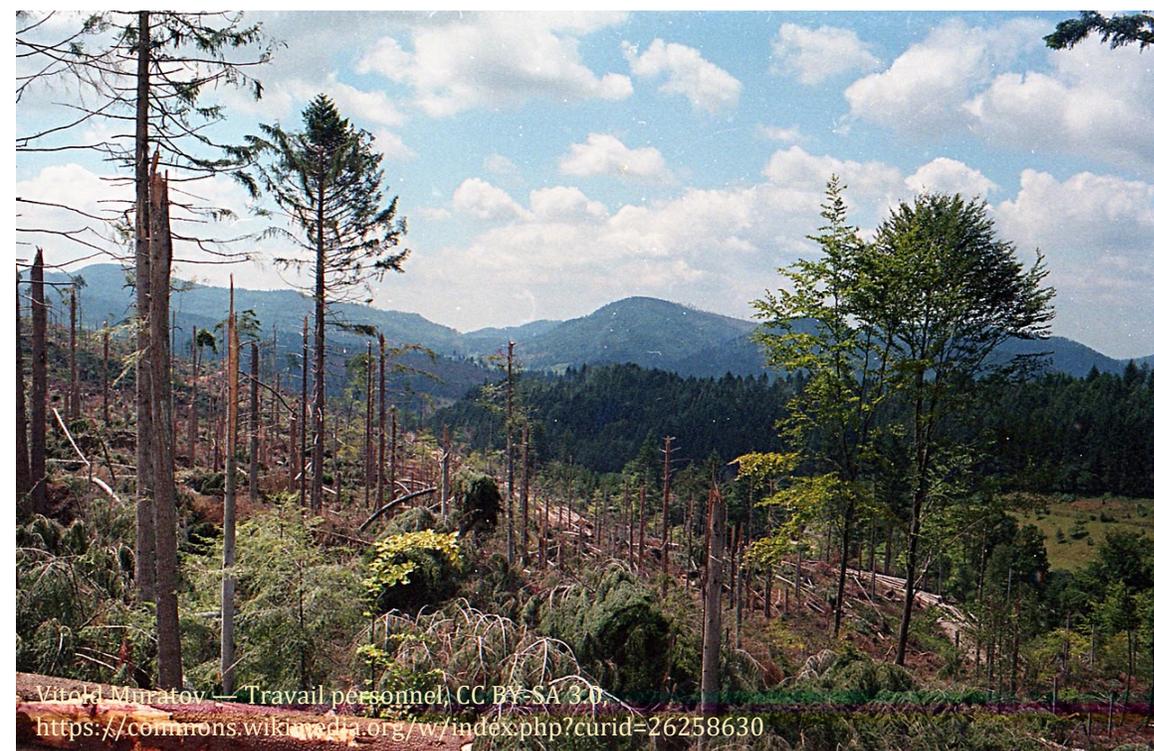
Comportement envahissant ?

- Toujours en mélange avec la régénération naturelle
- Le choix n'impacte pas une grosse surface (collectifs)
- Le choix peut être révisée à chaque intervention

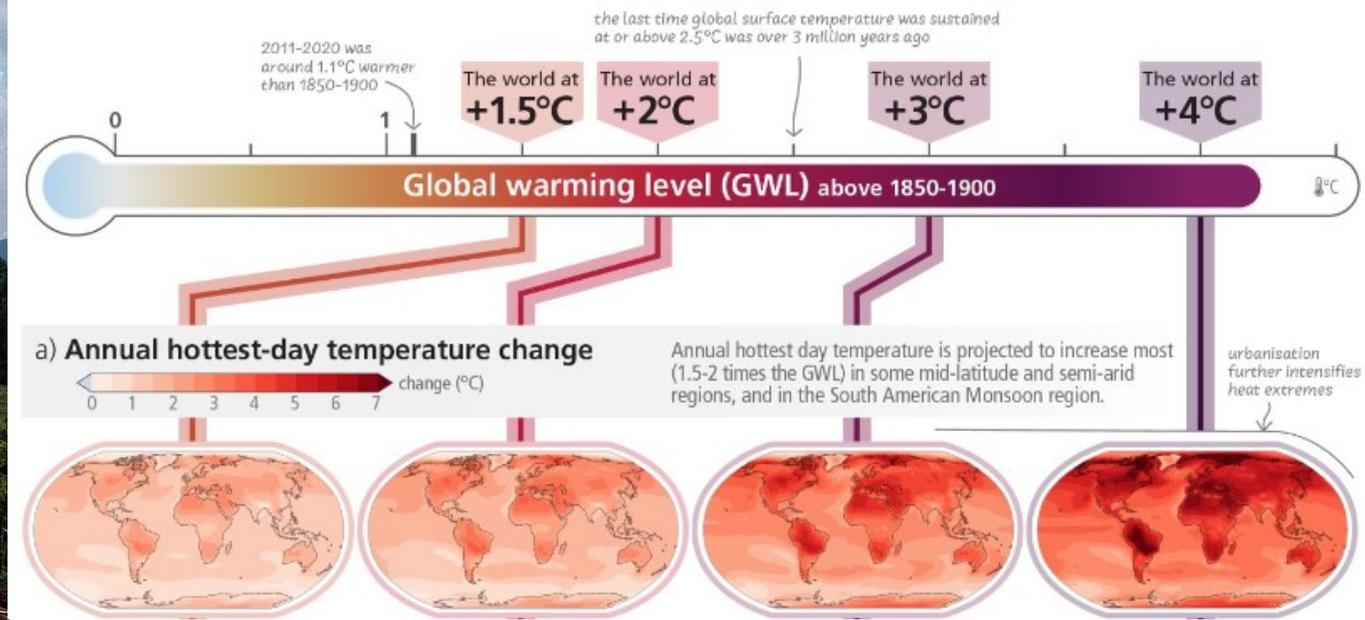
Modifié d'après Hervé Cochard, www.plantes-et-eau.fr/documentation/etats-et-transferts-hydrriques-dans-et-a-travers-la- plante/24-l-architecture-hydraulique-la-cavitation-et-l-embolie-des-plantes/58-l-architecture-hydraulique-la-cavitation-et-l-embolie-des-plantes consulté le 03 juin 2023.

SMCC, quelle capacité d'adaptation au changement climatique ?

Limites & difficultés – Intensité des aléas et incertitudes



With every increment of global warming, regional changes in mean climate and extremes become more widespread and pronounced



Modifié d'après IPCC, *Synthesis report of the IPCC sixth assessment report (AR6), Summary for Policymakers*, 2023.

Face aux risques :

- Atténuation, retardement plutôt qu'évitement
- Une limite évidente en cas d'aléas de grande intensité (sécheresse, tempête, ravageurs, etc.)
- Les résultats obtenus en général ne présagent pas de ce qu'il va se passer en particulier

→ Gérer l'incertitude plutôt que de trouver une réponse à un problème spécifique.

SMCC, quelle capacité d'adaptation au changement climatique ?

Limites & difficultés – Le temps de la forêt et le temps de l'adaptation

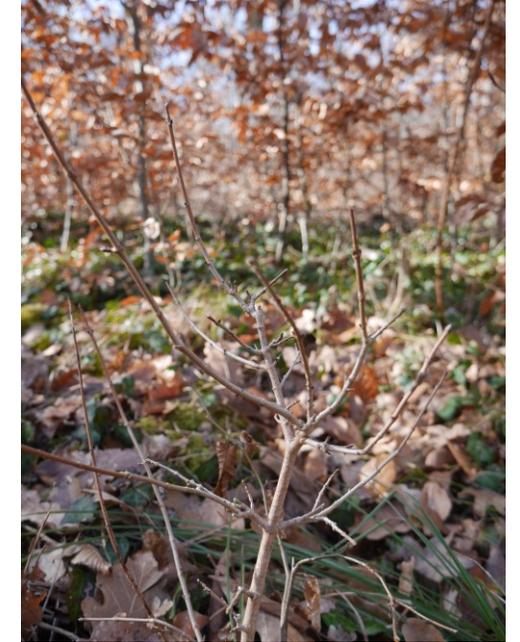
Le temps peut être long...



... pour obtenir des gros bois



... pour obtenir un mélange



Pression d'abrutissement =

- difficulté supplémentaire
- voire danger pour la (bio)diversité des forêts

La forêt se transforme lentement. La SMCC est une sylviculture d'ajustements, d'adaptation, d'orientation progressive.

- ❑ Quid de l'adaptation au changement climatique des peuplements « risqués » ?
- ❑ Quid de l'adaptation de la forêt aux changements d'attentes sociales ?

SMCC, quelle capacité d'adaptation au changement climatique ? Limites & difficultés – Les compromis de la multifonctionnalité

La SMCC est une proposition de gestion multifonctionnelle à l'échelle de petites surfaces.

- ❑ compromis permanent
organiser l'exploitation du bois
- ❑ éviter la perte d'une fonction plutôt que maximiser l'une d'elle

Gestion « multifonctionnelle » vs. spécialisation des espaces.

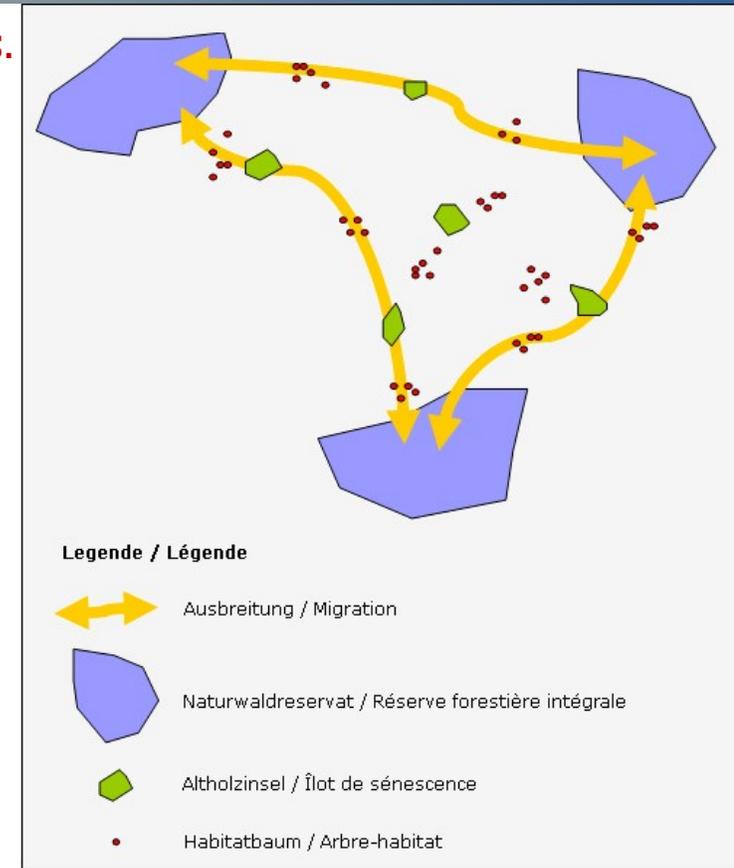


Un cloisonnement d'exploitation permet de limiter l'impact au sol de l'exploitation. Il n'empêche pas le soin apporté à l'exploitation (conditions d'humidité, période, etc.).

Le forestier fait des choix dans un contexte physique et socio-économique.

- ❑ pas un poids équivalent des fonctions partout
- ❑ peut être complétée par d'autres outils (infrastructures d'accueil, îlots de sénescence, réserves),
dont l'intégration dans les forêts gérées est facilitée par la SMCC.

Cabanes dans les arbres



wsl.ch, consulté le 05 juin 2023.

Proposition de l'Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage (Suisse) pour une stratégie de conservation de l'environnement basée sur une combinaison de réserves, îlots de sénescence et arbres-habitats, dans un espace majoritairement soumis à une gestion forestière avec un objectif de production (entre autres).

SMCC, quelle capacité d'adaptation au changement climatique ?

Limites & difficultés – Les compromis de la multifonctionnalité

Le cas des cloisonnements

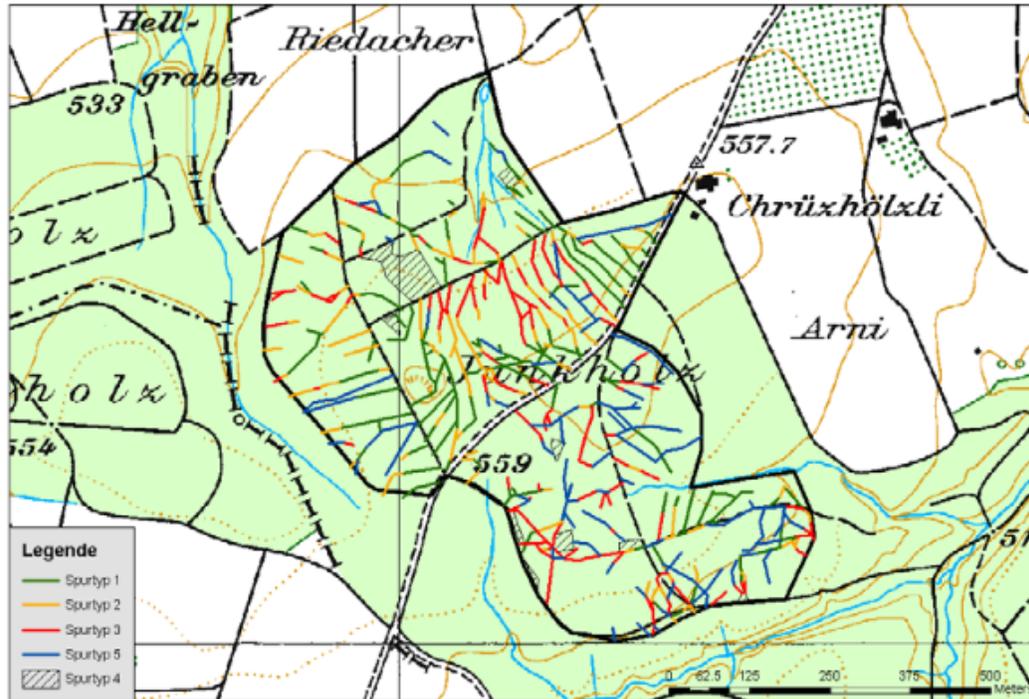
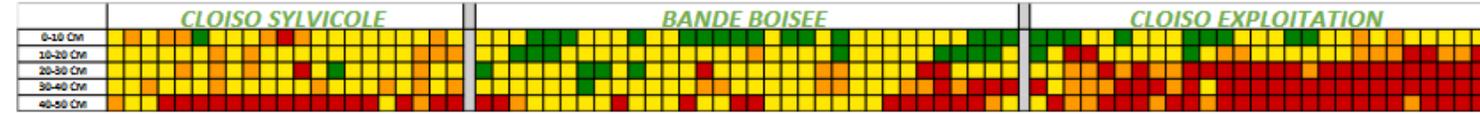


Fig. 11. Cartographie des types d'ornière présents sur une surface forestière du Plateau. Les types d'ornière 1, 2 et 3 sont décrits à la figure 6, le type d'ornière 4 correspond à des perturbations sur une grande surface, tandis que le type d'ornière 5 fait référence à des ornieres non classifiables ou supposées. Cette carte nous montre que par le passé la circulation sur les sols forestiers n'était, en de nombreux endroits, pas planifiée. Il est important, à l'avenir, de procéder à une planification systématique de la desserte de détail en intégrant au maximum les layons déjà existants.

Lüscher, P., Frutig, F., Sciacca, S., Spjevak, S., & Thees, O. (2009). Protection physique des sols en forêt. *WSL, Notice pour le praticien*, 45, 12.



Densité de racines : ■ 1 ou 2 / dm² ■ 2 à 3 / dm² ■ 4 à 10 / dm² ■ 11 à 50 / dm²

Figure 3 : La densité globale de racines diminue avec la profondeur et dès qu'on se trouve sous les voies de passage des engins (bande boisée non circulée, cloisonnement sylvicole concerné seulement par la circulation de broyeurs forestiers et cloisonnement d'exploitation concerné par la circulation de porteurs). Chaque case représente un carré de 10cm * 10cm (Pousse *et al.*, 2022).

Pousse, N., Ponge, J. F., & Bartoli, M. (2022). L'air du sol, c'est la vie de la forêt. *La Forêt Privée-revue forestière européenne*, 388, 58-67.

Consensus

La circulation des engins d'exploitation a un impact important sur les sols forestiers. Le cloisonnement d'exploitation permet de réduire la surface circulée par rapport à l'absence de plan de circulation.

Attention

L'existence de cloisonnement ne doit pas faire oublier d'autres facteurs : humidité du sol, période d'exploitation, etc.

D'autres solutions existent et peuvent être localement préférables mais bien prendre en compte le contexte socio-économique propre : disponibilité d'autres matériels (câble, chevaux), existence de la desserte, valeur de la coupe, coût d'exploitation, etc.

Sources des photographies de la diapositive n° 2 – « Objectifs de la gestion »

1
CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=594925>

2
Par Basotxerri — Travail personnel, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=61316718>

3
Par Ivy Main — Travail personnel, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=11842103>

4
Par NASA/JPL — <http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA11194>, Domaine public, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=5066057>

5
Par SuperManu — Travail personnel, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1379166>

6
Par Dion Art — Travail personnel, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=128905423>

7
Par Youbadou — Travail personnel, CC BY 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=81103632>

8
Par Claude Monet — <https://www.wikiart.org/en/claude-monet>, Domaine public, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=65212700>



Merci pour votre attention

En savoir plus
www.prosilva.fr