

PROJET OPTIMELANGE

QUELLES ESSENCES FAVORISER DANS LES PEUPELEMENTS MÉLANGÉS RÉGULIERS POUR AUGMENTER LA RÉSISTANCE ET LA RÉSILIENCE DES ARBRES AU CLIMAT ET À SES ALÉAS ?

AFORCE

CONTEXTE ET OBJECTIFS DU PROJET

Une étude dendroécologique multi-espèces en contextes collinéen et montagnard

Pour répondre aux changements climatiques en cours, le gestionnaire peut choisir des essences plus adaptées au climat futur et/ou adapter sa gestion notamment en modulant la compétition.

Le mélange des essences est également une orientation forte des gestionnaires.

Il est donc nécessaire de leur fournir des réponses sur les essences à favoriser au sein des différentes strates du peuplement.

L'objectif de ce projet est d'étudier les différences de réactivité individuelle au climat dans des peuplements mélangés réguliers, en fonction de l'espèce (Hêtre et Sapin) et de la compétition par le biais de différents indicateurs (notamment du statut social).

CONTENU DU PROJET

OUVRAGE
TECHNIQUE

✓
RAPPORT
SCIENTIFIQUE

OUTIL
OPÉRATIONNEL

OUTIL DE
RECHERCHE

La réponse des arbres ici a été appréhendée par une analyse des cernes d'accroissement radiale (dendroécologie).

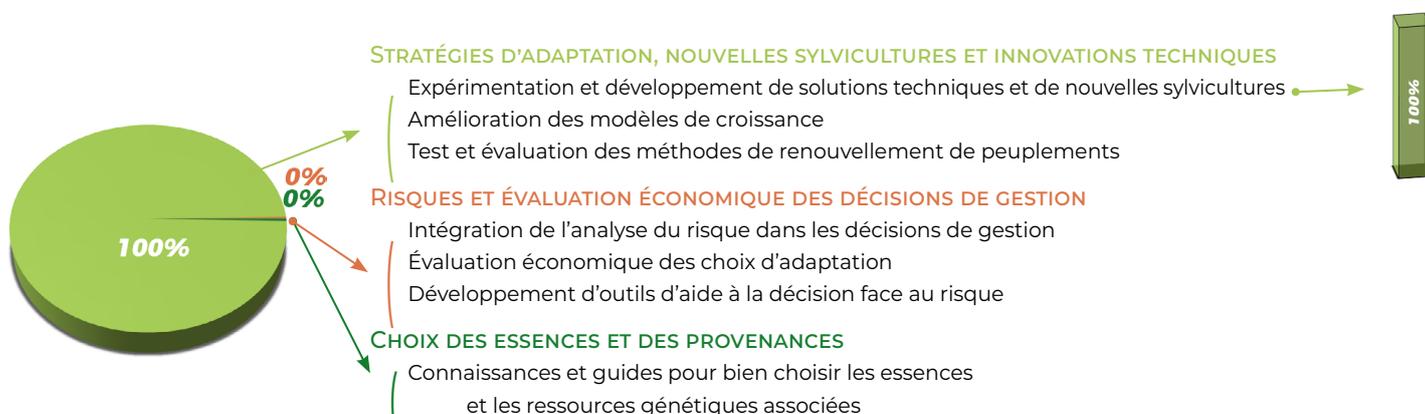
Cette approche permet une analyse rétrospective de la sensibilité des arbres vis-à-vis des conditions climatiques moyennes et des événements extrêmes.

Ce projet se scinde en deux études.

Elles sont traitées distinctement, afin de répondre aux questions suivantes :

- Quelle est l'influence de la composition des mélanges sur la réactivité des espèces qui les constituent ? (Étude 1)
- Comment se répartit la contrainte climatique au sein d'un peuplement forestier ? Quelle est la réponse des arbres au climat selon leur statut social ? (Étude 2)

CONTRIBUTION DU PROJET AUX THÉMATIQUES D'AFORCE



PARTENAIRES DU PROJET



DISPOSITIFS

Dispositif global

Un échantillon de 154 placettes (n = 1541 arbres) couvrant les étages collinéen et montagnard dans le massif Vosgien en peuplements purs (PP) et en peuplements mélangés (PM) a été utilisé. L'étude a porté principalement sur le Sapin et le Hêtre, mais aussi sur l'Épicéa et le Chêne sessile.

Étude 1

Cette analyse a été menée en 2011-2012^{1,2} grâce à deux jeux de données^{2,3}.

Un échantillon de 111 placettes correspondant à 599 arbres répartis entre trois essences (Sapin, Hêtre et Épicéa) (Fig. 1) le long d'un double gradient thermique et hydrique (Fig. 2) a été utilisé.

Les chronologies moyennes de croissance (16 pour le Sapin, 14 pour le Hêtre et 10 pour l'Épicéa) sont réparties entre peuplements purs et peuplements mélangés ainsi qu'entre strates climatiques définissant 40 modalités.

Type de peuplement	Nombre de placettes	Nombre d'arbres	Essence	Peuplement pur	Peuplement mélangé
Sapin	24	83	Sapin	24 / 83	51 / 160
Hêtre	11	79	Hêtre	21 / 79	40 / 126
Épicéa	15	51	Épicéa	15 / 51	28 / 88
Sapin-Hêtre	19	60 / 61		60 / 123	119 / 374
Sapin-Épicéa	11	38 / 36			
Sapin-Hêtre-Épicéa	17	50 / 51 / 52			
Sapin-Hêtre-Chêne	4	12 / 14 / 12			
	111	599			

Figure 1 : Effectif de placettes et d'arbres selon les types de mélange.

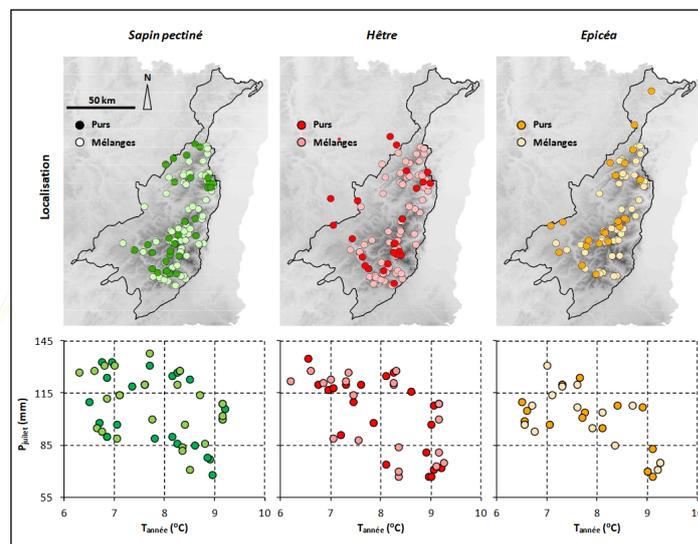


Figure 2 : Répartition des placettes selon les types de mélange et de l'essence dominante et répartition le long du double gradient. Tannée = Température annuelle moyenne (°C) et PjUILLET = précipitations du mois de juillet (mm).

	Statut	Nombre de cernes	LC (std)	Ht (std)	Cir (std)	Age (std)	EPS	MS	
Sapin	Dominant	243	17421	2.61 (1.47)	26.5 (4.6)	145.7 (41.1)	77 (27)	0.982	0.115
	Codominant	168	12444	1.99 (1.28)	25.1 (4.4)	116.4 (33.3)	78 (25)	0.969	0.103
	Dominé	162	9737	1.56 (1.13)	18.7 (4.4)	69.2 (23.7)	61 (17)	0.956	0.101
Hêtre	Dominant	76	5281	2.17 (0.99)	25.6 (3.9)	109.3 (31)	75 (29)	0.961	0.195
	Codominant	138	9982	1.67 (0.88)	24.5 (4.3)	90.4 (30.7)	77 (27)	0.976	0.171
	Dominé	155	10310	1.21 (0.81)	19.6 (5)	58.5 (21)	70 (25)	0.938	0.134

Figure 3 : Effectif d'arbres par espèce et statut social et caractéristiques dendrométriques moyennes. LC = largeur moyenne des cernes (mm ; période 1900-1996) ; Ht et Cir = Hauteur (en m) et Circonférence (en cm) en 1997. (std) = écart-type. EPS et MS = Expressed Population Signal et Sensibilité moyenne.

Étude 2

Cette analyse a été menée en 2012⁴.

Un échantillonnage de 43 placettes correspondant à 942 arbres a été réalisé le long d'un gradient altitudinal (700 à 1100 m.) en fonction du statut social pour le Hêtre et le Sapin (Fig. 3).

DONNÉES CLIMATIQUES ET ANALYSES DENDROCLIMATIQUES

Étude 1

Données climatiques : Au total, 58 stations du réseau Météo-France dont 18 séries homogénéisées sont disponibles dans la zone étudiée. Dans un premier temps, les données ont été moyennées par strate. Afin que chacune des strates ait des données sur des périodes comparables, certaines ont été reconstruites à partir de la série homogénéisée de Phalsbourg.

Analyse dendroclimatiques : Les années caractéristiques et les chronologies de référence (40 modalités) ont été calculées. Les données climatiques de températures moyennes (quatre séries) et de précipitations (trois séries) ont été combinées de façon à former des séries de 24 régresseurs mensuels.

Pour les 40 modalités, détermination des facteurs et des périodes liés significativement avec la croissance radiale puis mise en évidence de la structuration de la réponse entre les différentes modalités.

Étude 2

Données climatiques : Les données des précipitations proviennent d'une série homogénéisée. Les données de températures mensuelles moyennes proviennent d'une station éloignée auxquelles un correctif des températures est appliqué. Le climat est continental à influence montagnarde. Il se caractérise par des gammes de températures (T°C) moyennes annuelles comprises entre 7 et 9 °C et de précipitations comprises entre 1700 et 1900 mm/an.

Analyse dendroclimatiques : Mêmes protocoles que l'étude 1 avec une stratification de l'échantillon en 9 indicateurs :

- Des indicateurs du niveau de compétition individuelle (statut social, H/D, hauteur relative du houppier) ;
- Des indicateurs du stade de développement (diamètre, âge, hauteur) ;
- D'autres indicateurs (surface terrière (ST), taux de mélange en % de ST, taux de mélange en % du nombre de tiges).

RESULTATS

Étude 1

On retrouve une plus grande sensibilité au climat pour le Sapin et le Hêtre que pour l'Épicéa ; Une plus grande réactivité aux événements extrêmes pour le Sapin ainsi qu'une plus grande sensibilité et réactivité du sapin en peuplement pur.

Réponse au climat moyen

Sapin : La croissance est stimulée par des températures élevées en février et par l'absence de sécheresse en fin d'été, mais est limitée par la sécheresse printanière.

Hêtre : La croissance est réduite par le stress du début de printemps et stimulée par des températures élevées en août.

Épicéa : Les conditions d'automne jouent un rôle majeur sur l'accroissement de l'année suivante.

Effet du mélange sur la réponse au climat (Fig. 4)

Les différences sont globalement faibles et peu significatives.

Pour le Sapin, le mélange semble se traduire par une moindre sensibilité à la pluie, mais par une plus grande aux températures.

Pour le Hêtre, le mélange augmente la sensibilité à la pluie d'autant plus que les conditions de croissance sont sèches.

Enfin, pour l'Épicéa, le mélange se traduit par une forte sensibilité à la pluie, mais par une moindre aux températures.

	Strate P	Strate T	T	P	Fréq (T)	Fréq (P)	Effet du mélange	
Sapin	< 7	8	3	67%	25%	↑	Sensibilité aux températures	
	> 115	[7-8[	7	6	58%			50%
		[8-9]	6	1	50%			8%
	85-115	< 7	10	3	83%	25%	↓	Sensibilité aux pluies
		[7-8[	8	3	67%	25%		
		[8-9]	4	3	33%	25%		
> 9		8	7	67%	58%			
< 85	[8-9]	8	5	67%	42%			
Hêtre	< 7	3	6	25%	50%	↑	Sensibilité aux pluies	
	> 115	[7-8[	11	5	92%			42%
		[8-9]	7	4	58%			33%
	85-115	[7-8[	8	6	67%			67%
		> 9	2	9	17%			17%
	< 85	[8-9]	7	11	58%			58%
Épicéa	> 9	6	12	50%	50%	↑ ↓	Sensibilité aux températures Sensibilité aux pluies	
	> 115	[7-8[	7	5	58%			58%
	85-115	< 7	2	8	17%			17%
		[7-8[	4	6	33%			33%
	[8-9]	5	9	42%	42%			
< 85	> 9	8	6	67%	67%			

Figure 4 : Synthèse des différences négatives entre les coefficients de corrélation bootstrapped pour les facteurs thermique (T, n=12) et hydrique (P, n=12) par espèce et par strate. Les écarts négatifs indiquent que les arbres en peuplements mélangés sont plus sensibles au facteur considéré.

Étude 2

La croissance des dominés est réduite par rapport aux dominants (Sapin : 86 % et Hêtre : 71 %).

Les arbres dominants sont plus sensibles au climat et plus réactifs aux événements extrêmes.

Réponse au climat moyen

Sapin : Les arrière-effets et la réponse positive aux températures pendant la saison de végétation sont d'autant plus forts que l'arbre est dominé. Pour les arbres les plus vieux, la réponse aux températures estivales s'inverse.

Hêtre : La croissance des arbres dominants est davantage dépendante du bilan hydrique estival (importance de juin) et des arrière-effets que celle des arbres de moindres dimensions.

Effet du mélange sur la réponse au climat (Fig. 5)

Le Sapin est moins sensible aux températures printanières et estivales lorsqu'il est grandement majoritaire.

Pour le Hêtre, sa croissance est fortement défavorisée par des températures estivales élevées quand il est minoritaire.

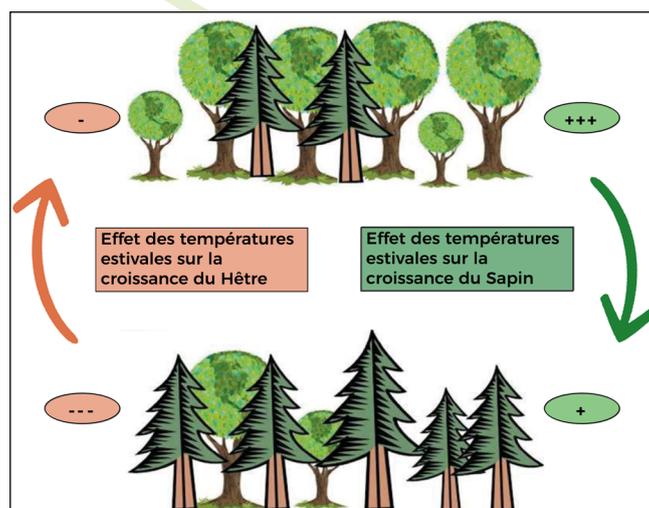


Figure 5 : Schéma de l'effet du taux de mélange sur la réponse aux températures estivales du Hêtre et du Sapin.

LES PRINCIPAUX ENSEIGNEMENTS

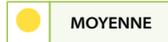
En mélange, le Sapin pectiné apparaît moins sensible aux aléas du climat, du fait d'une moindre sensibilité aux pluies avec l'hypothèse d'un véritable « effet tampon ».

Pour le Hêtre et l'Épicéa, le mélange semble se traduire par une augmentation de la sensibilité aux pluies. Ce résultat doit être pris avec précaution, car les surfaces terrières n'étaient pas homogènes entre peuplements purs et mélangés.

Les deux espèces réagissent différemment au climat, et le statut social module leur réponse de manière opposée. Pour le Sapin, les arbres dominés sont les plus sensibles tandis que pour le Hêtre, les arbres dominants sont les plus sensibles.

PUBLIC CIBLE ET FINALITÉ DU PROJET

Difficulté d'appropriation :



Absence de cette finalité pour ce public :

FINALITÉ PUBLIC CIBLE	Gestion Outils et recommandations	Recherche et développement Outils et création de contenu	Pédagogie Acquisition des connaissances
Propriétaires forestiers	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Personnel forestier technique	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Acteurs de la recherche et du développement	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Étudiants de l'enseignement supérieur	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Étudiants de l'enseignement technique	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

La méthodologie dendroécologique utilisée et les résultats (notamment la base bibliographique réalisée) peuvent bénéficier à l'ensemble de la communauté de recherche et développement (ainsi qu'aux étudiants de l'enseignement supérieur).

Les préconisations concernant la réponse individuelle au climat des arbres en fonction de l'effet du mélange et du statut social ont surtout une visée pédagogique pour les personnels techniques, et fournissent également certaines recommandations.

CASTING

Le coordinateur du projet est M. François Lebourgeois (AgroParisTech).

Ce projet a été mené avec la participation de M. Jean-Daniel Bontemps, M. Pierre Mérian, M. Wernsdorfer Hölger, Mme Ingrid Seynave et M. Cyrille Rathgeber (UMR LERFOB) ; de Mme Myriam Legay (ONF) ; et de Mme Paulina Pinto (Pontificia Universidad Catolica de Chile Facultad de Agronomia e Ingenieria Forestal).

POUR OBTENIR PLUS D'INFORMATIONS

Plus d'informations sur la [page projet OPTIMELANGE](#) du RMT AFORCE.

¹ Gomez, N., 2011. Étude spatio-temporelle de la sensibilité au climat du Chêne sessile, du Hêtre commun, de l'Epicéa commun et du Sapin pectiné dans le massif vosgien en peuplements purs et mélangés. MASTER II FAGE Biologie et Écologie pour la Forêt, l'Agronomie et l'Environnement. Spécialité : Fonctionnement et Gestion des écosystèmes, 32 pages.

² Mérian P., 2012. Variations spatio-temporelles de la réponse au climat des essences forestières tempérées : quantification du phénomène par approche dendroécologique et influence de la stratégie d'échantillonnage. Thèse en Sciences Forestières et du bois d'AgroParisTech, 451 pages,

³ Pinto, P., 2006. Ecologie et croissance de Abies Alba Mill. en peuplements purs et mélangés dans le Massif Vosgien (Nord-est de la France). Thèse en écologie de l'ENGREF, 175 pages.

⁴ Eberlé P., 2012. Effet du statut social des arbres sur la réponse du Hêtre et du Sapin au climat et à ses aléas, en peuplements mélangés dans le contexte du massif Vosgien, MASTER II FAGE Biologie et Écologie pour la Forêt, l'Agronomie et l'Environnement. Spécialité : Fonctionnement et Gestion des écosystèmes, 41 pages.

FINANCEURS DU PROJET