

# Monitoring de la résilience de croissance des mélanges d'espèces ligneuses sous changement climatique

Lionel Hertzog (IGN), Patrick Vallet (INRAE), Jean-Daniel Bontemps (IGN)

## Carte d'identité du projet :

- Monitoring de la résilience de croissance des mélanges d'espèces ligneuses sous changement climatique (Morning)
- Projet lancé en 09/2023 pour 15 mois
- 15'000€ de financement du RMT Aforce
- 1 atelier d'échange le 18/03/2025
- Partenaires : IGN et INRAE
- Thème D : Obtention de mélanges d'espèces permettant une meilleure résilience des peuplements



## Contextes et Objectifs du projet Morning :

- Besoin de connaissance sur la résilience des mélanges
- Proposer un panorama de la résilience des mélanges en France face au changement climatique
- Utilisation des données de l'Inventaire Forestier National – représentativité et systématique
- Variable cible : productivité
- Comparaison de différents indicateurs



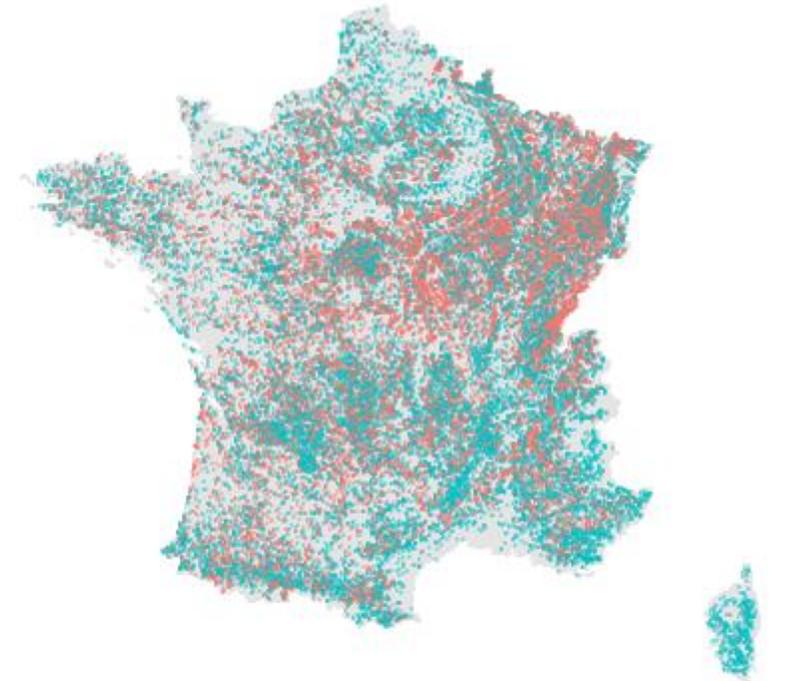
## L'Inventaire Forestier National – un inventaire annuel des forêts de France

- Définition du mélange suivant Vallet & Pérot (2011) basé sur la proportion de surface terrière
- 811 modalités de mélange à deux essences sont observés sur les placettes d'inventaire
- Les 21 mélanges les plus communs ont été sélectionnés représentant ensemble 50% des placettes en mélange

Composition	Nombre de placette
Chêne pédonculé / Charme	2732
Chêne rouvre / Hêtre	2461
Chêne rouvre / Charme	2232
Chêne pédonculé / Châtaignier	1360
Hêtre / Sapin pectiné	1265
Chêne pédonculé / Chêne rouvre	1033
Sapin pectiné / Épicéa commun	1021
Chêne pédonculé / Hêtre	921
Chêne pédonculé / Frêne	717
Chêne rouvre / Châtaignier	683
Chêne pédonculé / Bouleau	631
Chêne pubescent / Pin sylvestre	597
Chêne pubescent / Chêne vert	581
Hêtre / Charme	552
Chêne pédonculé / Chêne pubescent	535
Chêne pubescent / Petit érable	520
Hêtre / Pin sylvestre	516
Hêtre / Épicéa commun	514
Chêne rouvre / Pin sylvestre	511
Chêne pédonculé / Pin maritime	466
Chêne pédonculé / Pin sylvestre	416

## L'Inventaire Forestier National – un inventaire annuel des forêts de France

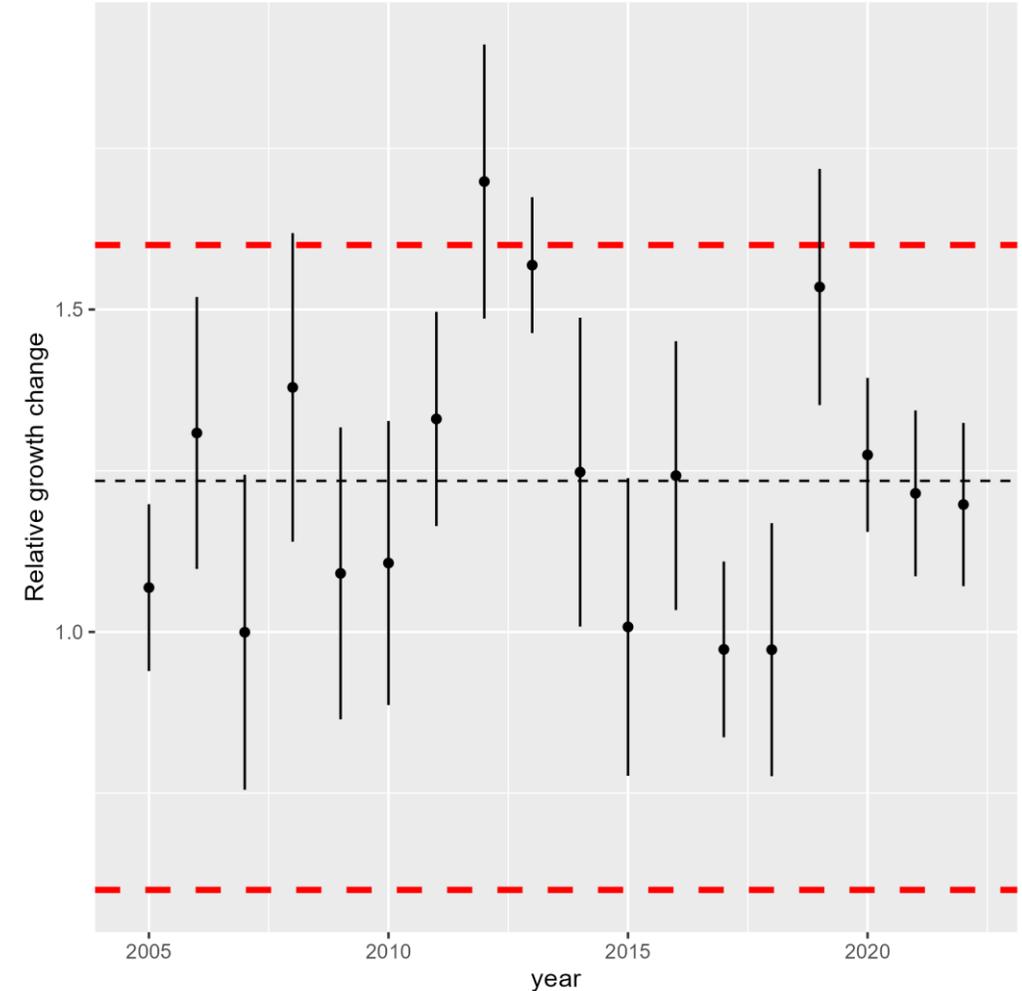
- Définition du mélange suivant Vallet & Pérot (2011) basé sur la proportion de surface terrière
- 811 modalités de mélange à deux essences sont observés sur les placettes d'inventaire
- Les 21 mélanges les plus communs ont été sélectionnés représentant ensemble 50% des placettes en mélange



Placette  
avec mélange : • inclus • non-inclus

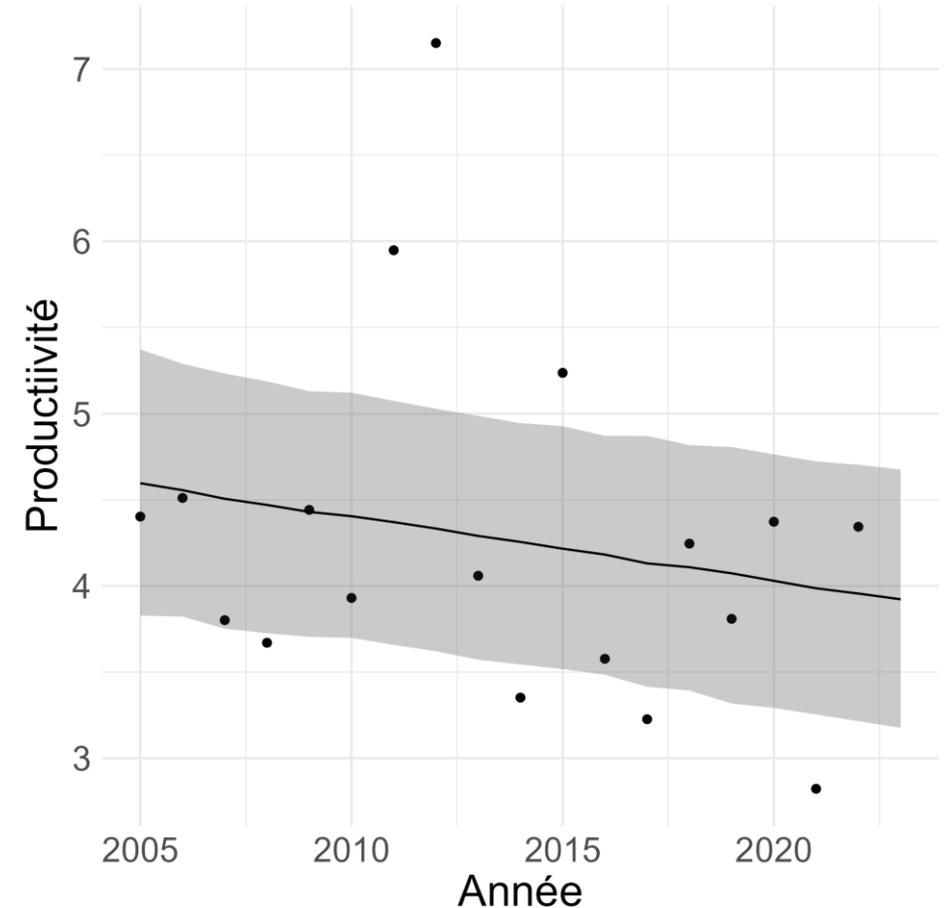
## 4 indicateurs dérivés à partir des estimations de productivité annuelle

1. Anomalies de productivité : ratio productivité annuelle (2005-2023) sur productivité de référence (dernier inventaire départementaux)



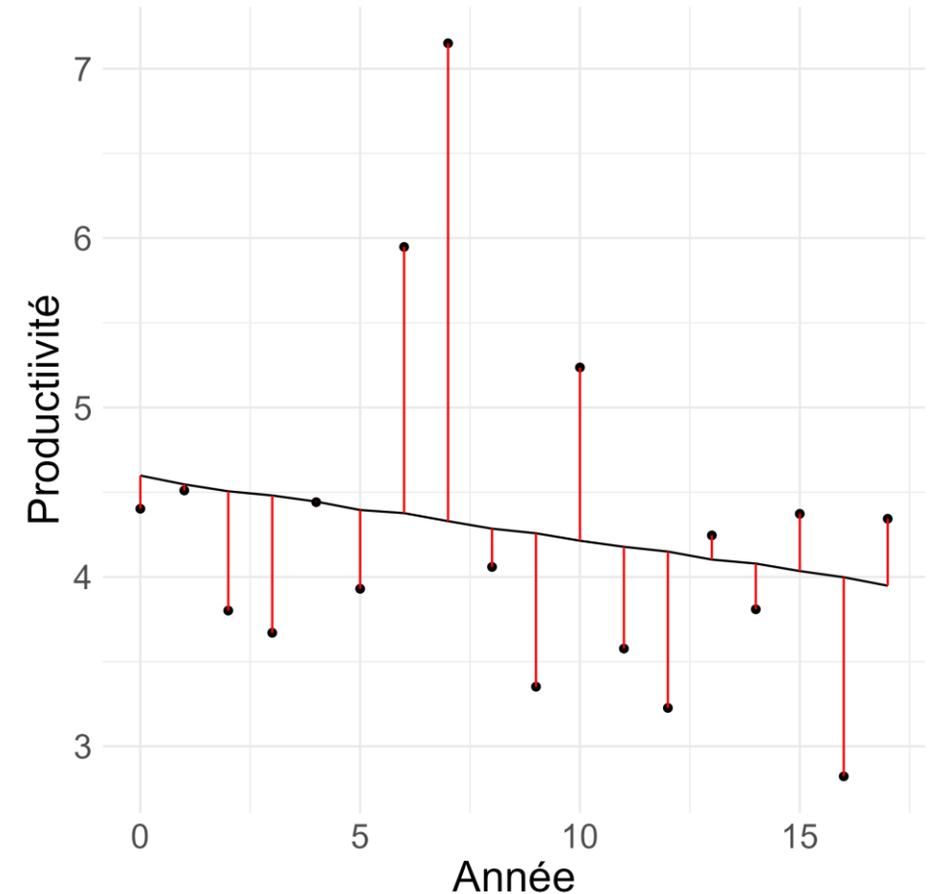
## 4 indicateurs dérivés à partir des estimations de productivité annuelle

1. Anomalies de productivité : ratio productivité annuelle (2005-2023) sur productivité de référence (dernier inventaire départementaux)
2. Tendence de productivité



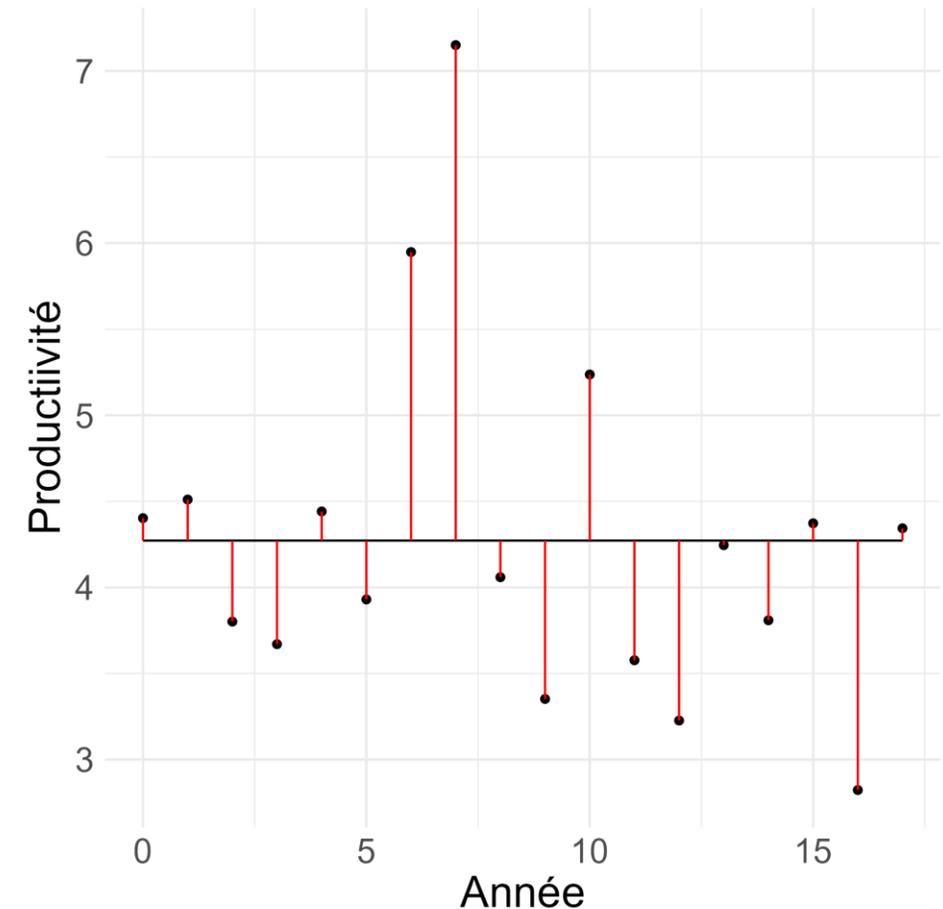
## 4 indicateurs dérivés à partir des estimations de productivité annuelle

1. Anomalies de productivité : ratio productivité annuelle (2005-2023) sur productivité de référence (dernier inventaire départementaux)
2. Tendence de productivité
3. Variabilité autour de la tendance



## 4 indicateurs dérivés à partir des estimations de productivité annuelle

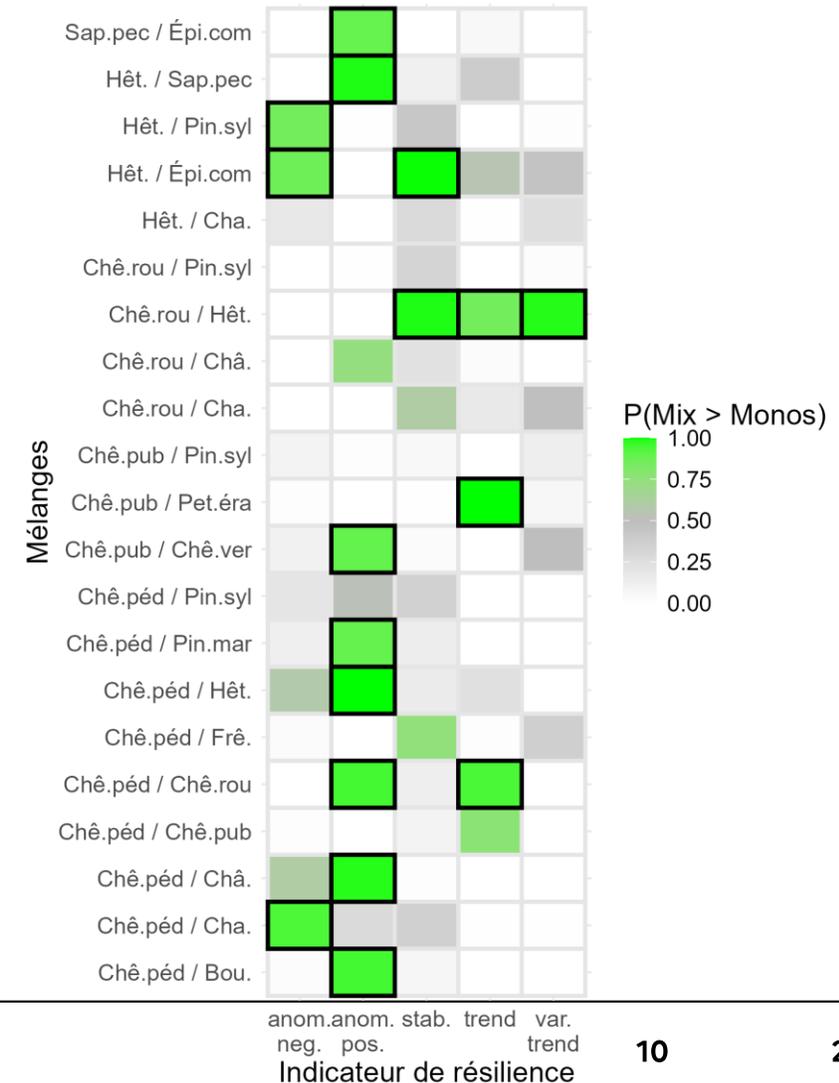
1. Anomalies de productivité : ratio productivité annuelle (2005-2023) sur productivité de référence (dernier inventaire départementaux)
2. Tendence de productivité
3. Variabilité autour de la tendance
4. Indice de stabilité (ratio moyenne / écart-type)



## 4 indicateurs dérivés à partir des estimations de productivité annuelle

Mélanges avec au moins un indicateur de résilience supérieur aux 2 monocultures associées :

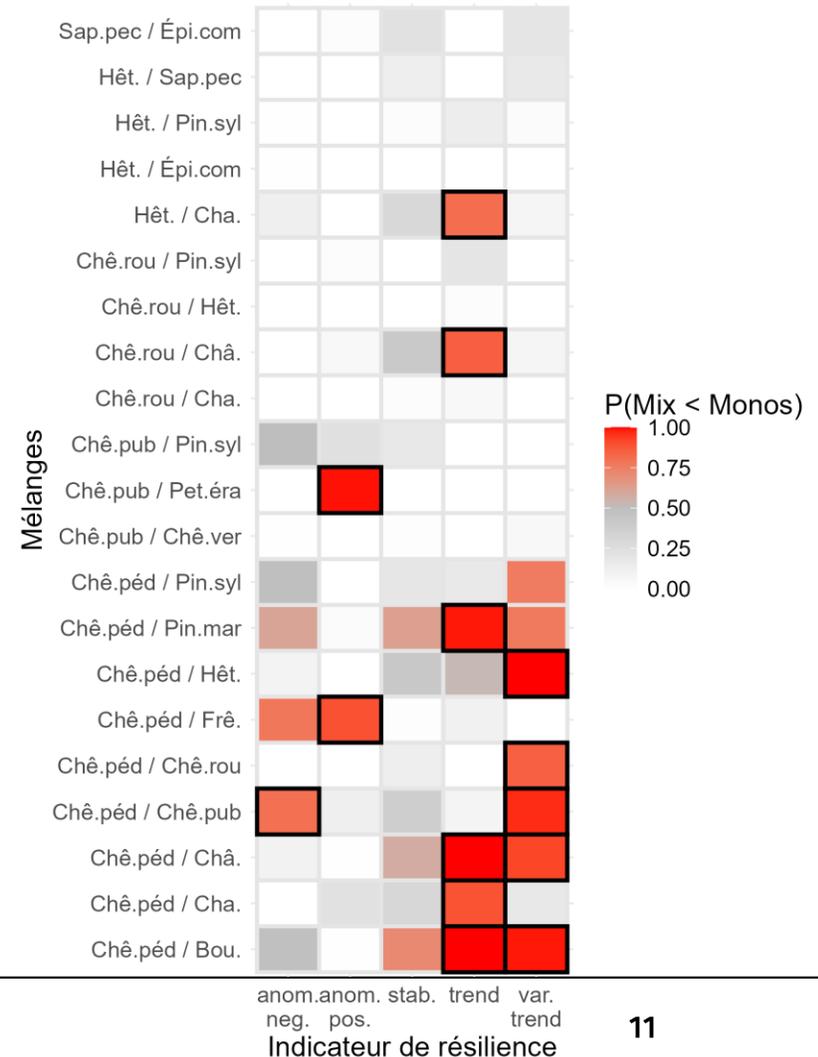
Chêne pédonculé / Bouleau, Chêne pédonculé / Charme, Chêne pédonculé / Châtaigner, **Chêne pédonculé / Chêne rouvre**, Chêne pédonculé / Hêtre, Chêne pédoncule / pin maritime, Chêne pubescent / Chêne vert, Chêne pubescent / Petit érable, **Chêne rouvre / Hêtre**, **Hêtre / Epicéa**, Hêtre / Pin sylvestre, Hêtre / Sapin, Sapin / Epicéa.



## 4 indicateurs dérivés à partir des estimations de productivité annuelle

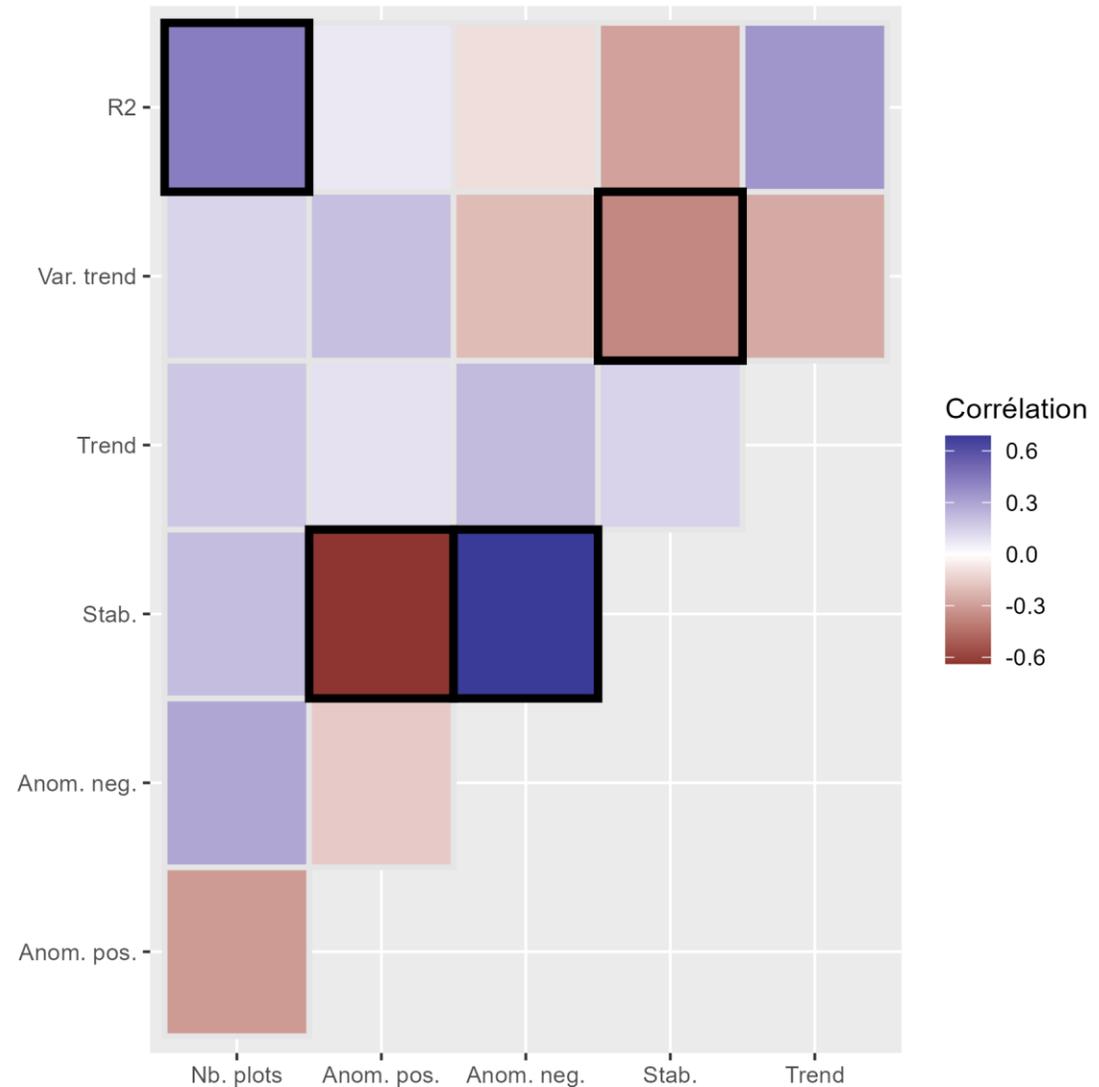
Mélanges avec au moins un indicateur de résilience inférieur aux 2 monocultures associées :

**Chêne pédonculé / Bouleau**, **Chêne pédonculé / Charme**, **Chêne pédonculé / Châtaigner**, **Chêne pédonculé / Chêne pubescent**, **Chêne pédonculé / Chêne rouvre**, **Chêne pédonculé / Frêne**, **Chêne pédonculé / Hêtre**, **Chêne pédoncule / pin maritime**, **Chêne pubescent / Petit érable**, **Chêne rouvre / Châtaigner**, **Hêtre / Charme**.



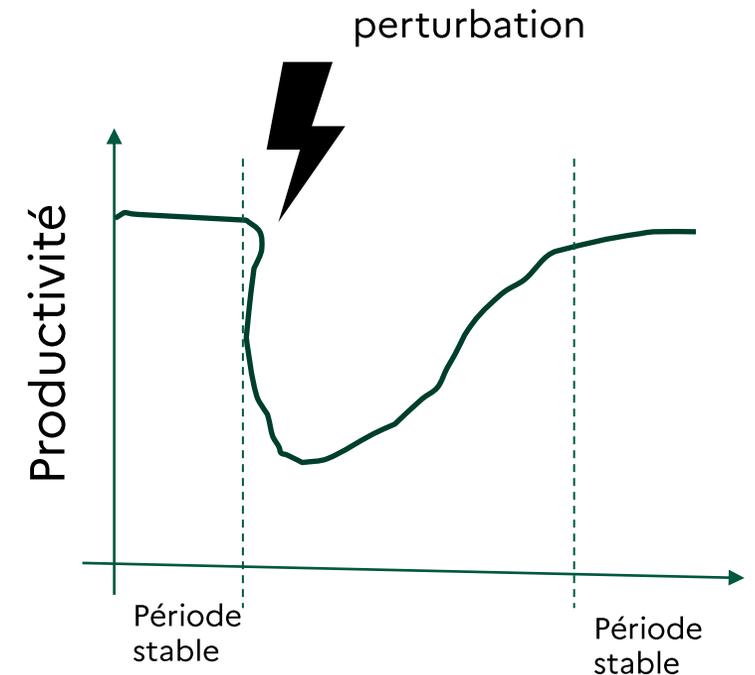
## Corrélation entre indicateurs, taille d'échantillon et $R^2$ :

- L'indice de stabilité est corrélé avec 3 des 4 autres indicateur
- La tendance n'est corrélé avec aucun autre indicateur
- Aucun indicateurs n'est corrélés avec la taille d'échantillon
- Le  $R^2$  augmente avec la taille d'échantillon



## Synthèse des discussions de l'atelier :

- Un concept de résilience à adapter aux nouvelles conditions liées au changement climatique (répétition des perturbations, stress chronique, transformation des écosystèmes ...)
- Une quantification de la résilience à étendre sur d'autres variables : mortalité, régénération, maintien de taux de couvert
- Des recherches et expérimentation sont à entreprendre sur les essences exotiques en mélanges mais également sur la variabilité intraspécifique de réponse au stress climatique (génotype, phénotype, provenance ...)
- Les mélanges basé sur les essences posent un problème de combinatoire, la caractérisation et l'étude de mélange par le biais de trait fonctionnel permettrait des analyses plus exhaustives
- Le mélange d'essence est un des leviers d'adaptation des forêts, d'autres leviers sont également à explorer comme la structure verticale ou la densité
- Les recommandations d'adaptation doivent prendre en compte la faisabilité économique des itinéraires proposés ainsi que leur acceptation sociétale



## Conclusions et perspectives :

- Pas de généralité dans l'effet positif du mélange sur la résilience de la croissance
  - Les corrélations entre les indicateurs choisis indiquent deux axes : stabilité et tendance
1. Études sur d'autres variables que la croissance (p.ex. mortalité, régénération ...)
  2. Extension des mélanges considérés (21 -> 811), caractérisation fonctionnel des mélanges
  3. Extension des indicateurs de résilience considérés (dev. nouveau cadre conceptuel)

## Réflexion pour finir :

Une approche de gestion basée sur la résilience [...] mettrait l'accent sur la nécessité de maintenir des options ouvertes, de considérer les événements dans un contexte régional plutôt que local et de valoriser l'hétérogénéité. Cela impliquerait [...] non pas l'hypothèse que les événements futurs seront prévisibles, mais qu'ils seront inattendus.

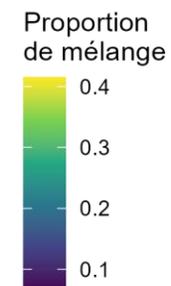
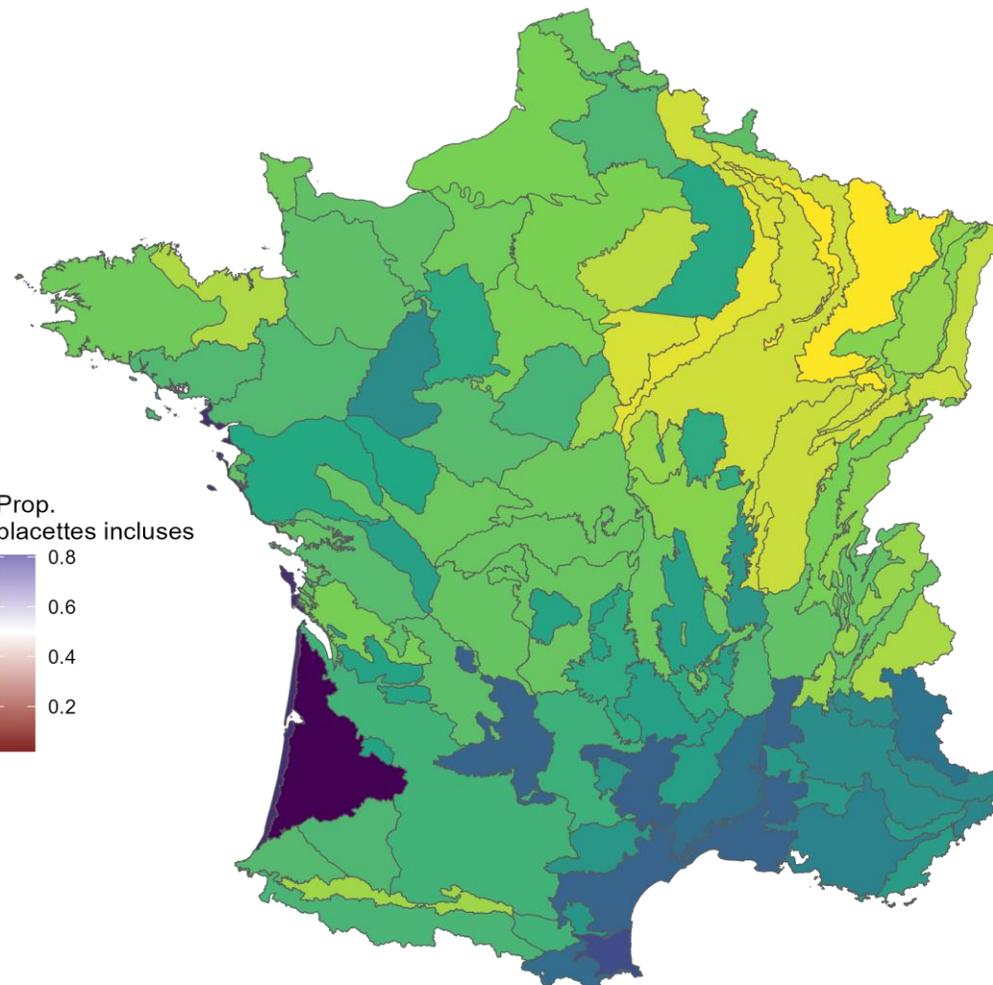
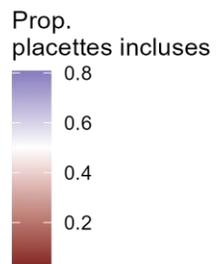
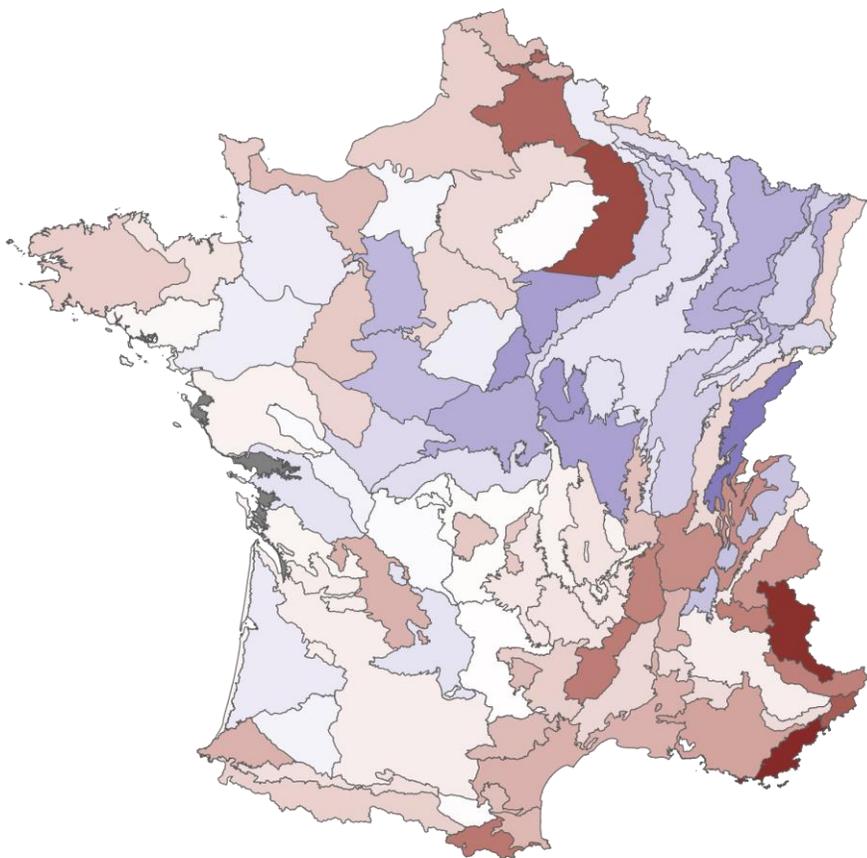
Le cadre de la résilience peut intégrer ce changement de perspective, car il ne nécessite pas une capacité précise à prédire l'avenir, mais seulement une capacité qualitative à concevoir des systèmes capables d'absorber et d'accommoder les événements futurs, quelle que soit leur forme.

Holling, 1973, 27'000 citations

# MERCI DE VOTRE ATTENTION



# ANNEXE

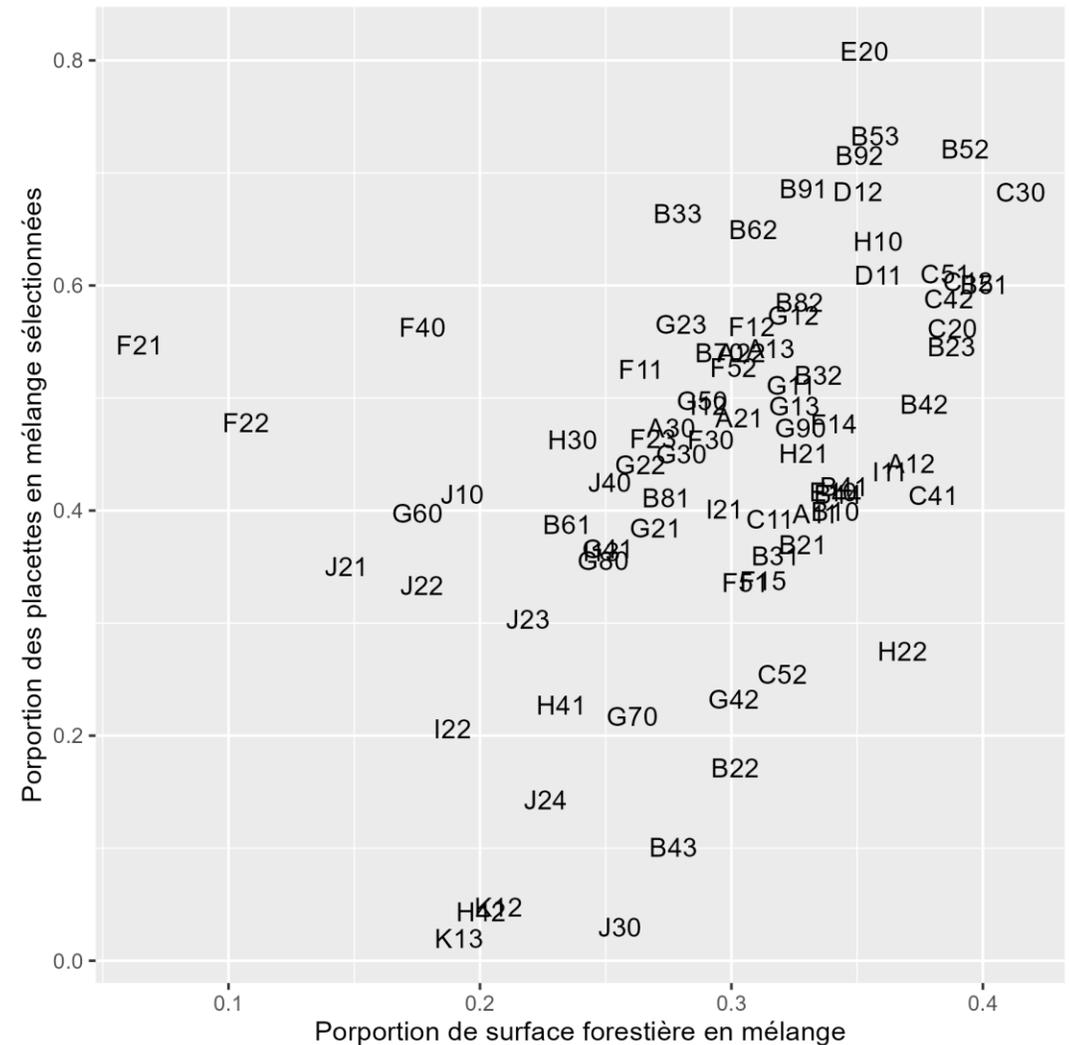


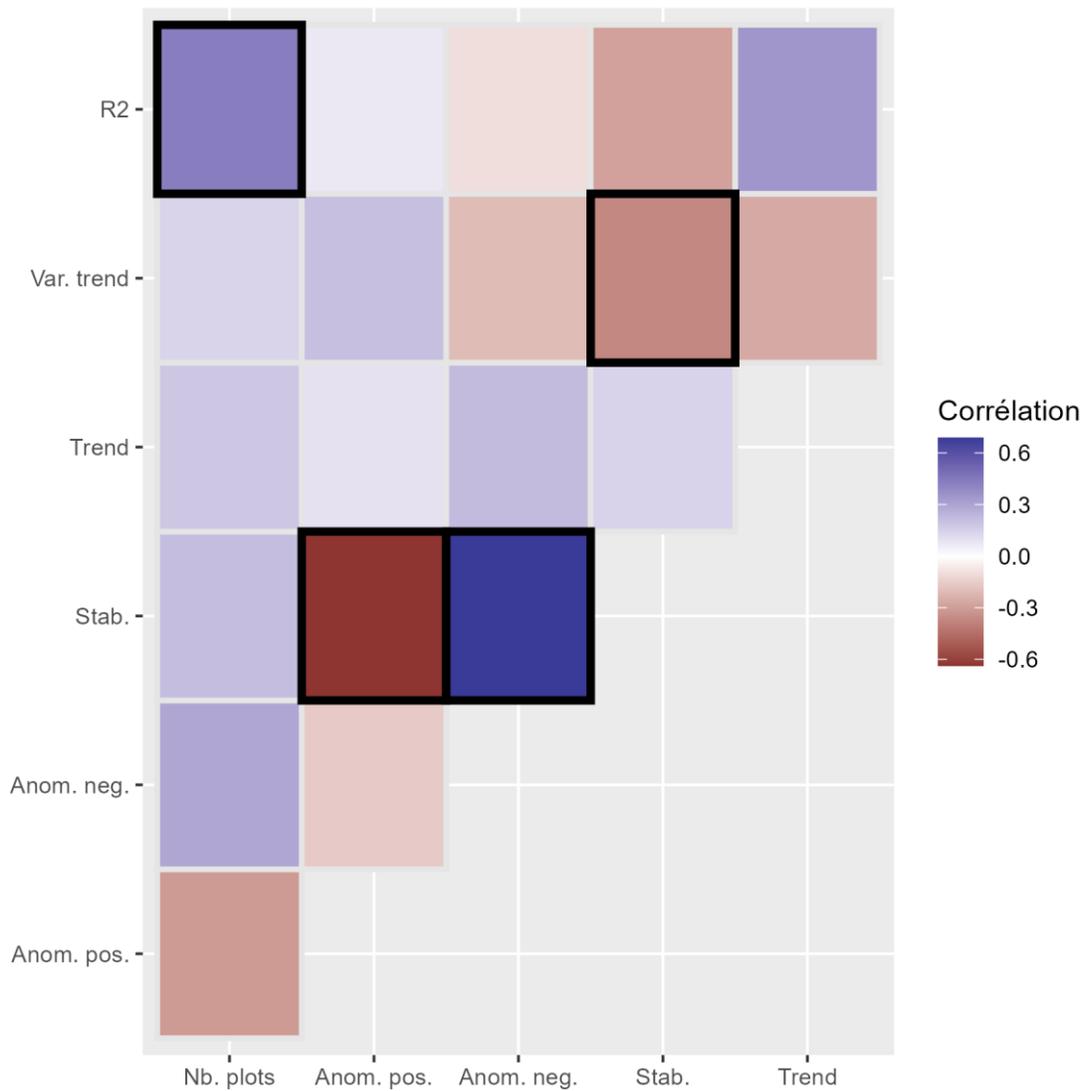
## Mélange commun en Corse (K13) :

- Chêne vert – Arbousier (n = 196)
- Chêne vert – Chêne liège (n = 58)
- ...

## Mélange commun en Maures (J30)

- Chêne liège – Pin maritime (n = 55)
- Chêne pubescent – Chêne liège (n = 39)
- ...





## Toujours Holling 1973

Les perspectives de la résilience et de la stabilité dans le comportement des systèmes écologiques peuvent mener à des approches très différentes de la gestion des ressources. La vision de la stabilité met l'accent sur l'équilibre, le maintien d'un monde prévisible et l'exploitation de l'excédent de production de la nature avec le moins de fluctuations possible. La vision de la résilience, en revanche, met en avant les domaines d'attraction et la nécessité de préserver la persistance des systèmes. Cependant, l'extinction n'est pas un événement purement aléatoire ; elle résulte de l'interaction entre des événements aléatoires et des forces déterministes [...]. Ainsi, l'approche qui garantit un rendement maximal stable et soutenu d'une ressource renouvelable peut modifier ces conditions déterministes au point de réduire ou de faire disparaître la résilience. Dès lors, un événement rare et fortuit, qui aurait pu être absorbé auparavant, peut déclencher un changement soudain et spectaculaire, compromettant l'intégrité structurelle du système.