



RÉPUBLIQUE  
FRANÇAISE

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*



# Est-il compliqué d'expérimenter sur la complexité des forêts ?

Vincent Boulanger

Thomas Cordonnier

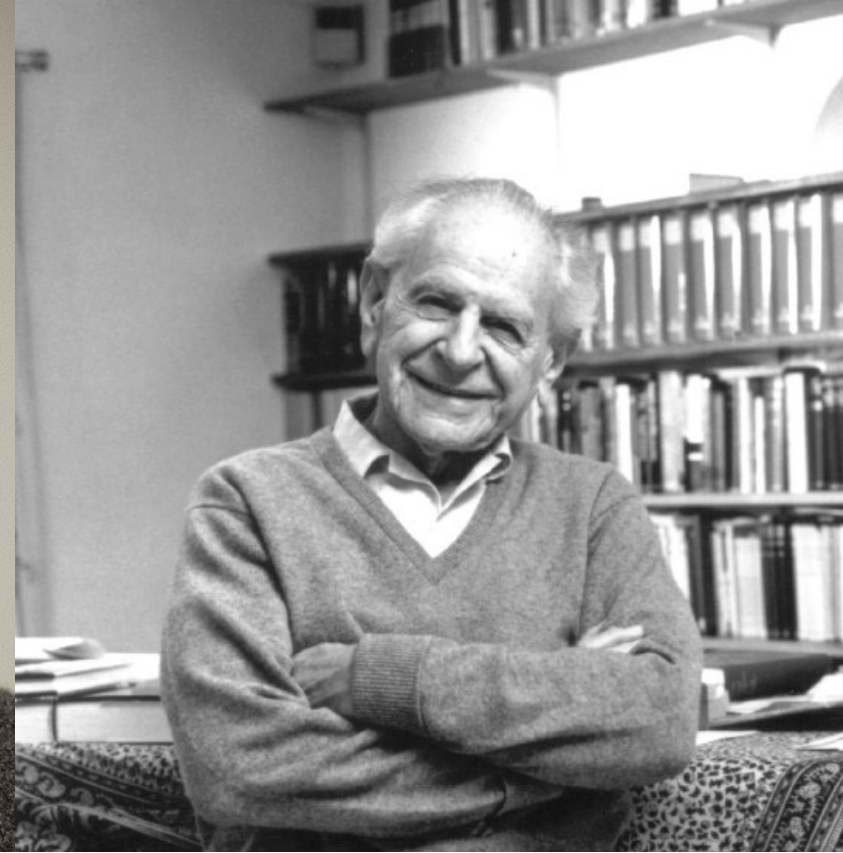
Recherche, Développement et Innovation

21/06/23  
ReGeFor

# La démarche expérimentale

## Et la scientificité des connaissances

- Attitude scientifique = Attitude critique
- Réfutabilité des théories par l'expérience
  - Vérification <|> validation
  - Méthode est juge de scientificité
  - Rôle central du test dans la contribution à la connaissance
- Spécificités des sciences biologiques
  - Observation et expérimentation à la base de conceptions abstraites générales
  - Théories modélisantes (et non universelles) « à partir des énoncés d'observation ».
- Cas des systèmes forestiers :
  - Multiplicité des facteurs de variation
  - Existence d'hypothèses annexes (implicites)
  - Difficulté à bâtir des expériences pleinement contrôlées.
  - Importance de la multiplication des expériences dans des contextes variés.



- « Il faut de la science et non pas des opinions qui régulent les activités » (Gilles Bœuf)
- « La vérification n'est pas suffisante pour affirmer la validité et la scientificité d'une connaissance. » (Karl Popper)

# La démarche expérimentale

## Un enjeu de société

L'expérimentation permet de démontrer un lien de cause à effet entre des manipulations délibérées du système et la manière dont il réagit à ces traitements.

Elle passe par la mise en œuvre d'une démarche rigoureuse qui permet de garantir l'étude du lien causal : contrôle des facteurs non étudiés, réplication des traitements, plan d'expérience etc.

Expérimenter c'est aussi dans certains cas explorer des modalités extrêmes.

Complémentaire et synergique des approches par observation et modélisation

### Enseignement des sciences : « L'expérience effective de la démarche expérimentale à l'école peut limiter l'emprise de certaines croyances »

Claude Lelièvre :: 06/06/2023



Selon l'inspection générale de l'éducation, l'enseignement de la démarche scientifique n'est pas suffisamment mis en œuvre dans les établissements scolaires. Or, cette formation est essentielle pour différencier les connaissances établies des opinions, rappelle l'historien de l'éducation Claude Lelièvre, dans une tribune au « Monde ».

Publié le 06 juin 2023 à 06h30, modifié le 06 juin 2023 à 10h16 Temps de Lecture 3 min.

- « la formation à la démarche scientifique conditionne la compréhension par tous les citoyens des réponses que la science est en capacité d'apporter, ou non, aux multiples défis, sanitaire, climatique, énergétique »



# Démarche expérimentale pour étudier la complexité en forêt

Quels éléments *a priori* de l'expérimentation *in situ* ?

- les connaissances établies en laboratoire (y compris résultats de modélisation)
- les résultats de l'observation et hypothèses phénoménologiques associées

→ Poser des hypothèses que l'on va soumettre à l'épreuve des faits

Construction de l'expérimentation en forêt

- choix des facteurs étudiés, des variables d'intérêt et des méthodes de mesure
- identification des facteurs de contrôle et de leurs niveaux de contrôle
- définition d'un plan d'expérience et des gamme(s) de variation(s) des facteurs (modalités)
- choix d'un modèle de dispositif selon les objectifs et les caractéristiques du site expérimental

Démarche hypothético-déductive :

valider ou rejeter une ou plusieurs hypothèses qui ont présidé à l'installation de l'expérimentation.  
éliminer les théories insuffisantes après répétitions de réfutations



Quelques cas illustratifs de la démarche  
appliquée à des facteurs de complexité



# Projet ProteHyl

Planter du bouleau pour protéger les douglas ?



# Installer un mélange d'essences en plantations À des fins de lutte contre les ravageurs ?

THE BIOLOGY AND CONTROL OF *HYLOBIUS*  
*ABIETIS*, L.

BY J. W. MUNRO

Entomology Department, Imperial College of Science and Technology,  
London

PART I



# Hypothèses & fondements

- Relation entre diversité des peuplements et résistance aux ravageurs
  - Jactel et Brockerhoff (2007)
  - Jactel, Moreira et Castagneyrol (2021)
- Rôle répulsif du Bouleau
  - sur la chenille processionnaire du Pin (Jactel et al. 2011)
  - Sur le scolyte sténographe (Jactel et al. 2008)
  - Sur le chevreuil (Stutz et al. 2017)
- Mécanismes de résistance par association
  - Protection par un voisin non hôte
  - Activation de mécanismes de défense
  - Stimulation du contrôle biologique des ravageurs par leurs ennemis naturels.

## Conjoncture

- Interdiction/restriction usage des produits phytopharmaceutiques en forêt
- Enjeux de reboisement massifs
- Risque hylobe fort sur plantations de résineux post résineux
- Demande sociétale pour une diversification des plantations
- Ressource en résineux en tension

Tester différentes stratégies préventives des dégâts d'hylobes, basées sur les propriétés répulsives des bouleaux



# Modalités expérimentales

Modèle choisi : Douglas

Variables d'intérêt : taux de dégâts, survie et croissance des plants, pendant les 2 saisons qui suivent la plantation

Facteurs de contrôle : modalités de mise en contact avec la molécule active



Témoins

1. Aucun traitement
2. Traité au *forester*



Plantations mélangées

3. Bouleau verruqueux pied à pied
4. Bouleau verruqueux en bandes
5. Bouleaux jaunes pied à pied
6. Bouleau verruqueux pied à pied avec potet



Modalités techniques

7. Paillage avec broyat de bouleau
8. Diffuseur de MeSa
9. Plantation en potet (sol nu au pied du plant)

# Organisation type d'un site expérimental



# En pratique

Réseau de 6 sites

Répartis en France et Belgique

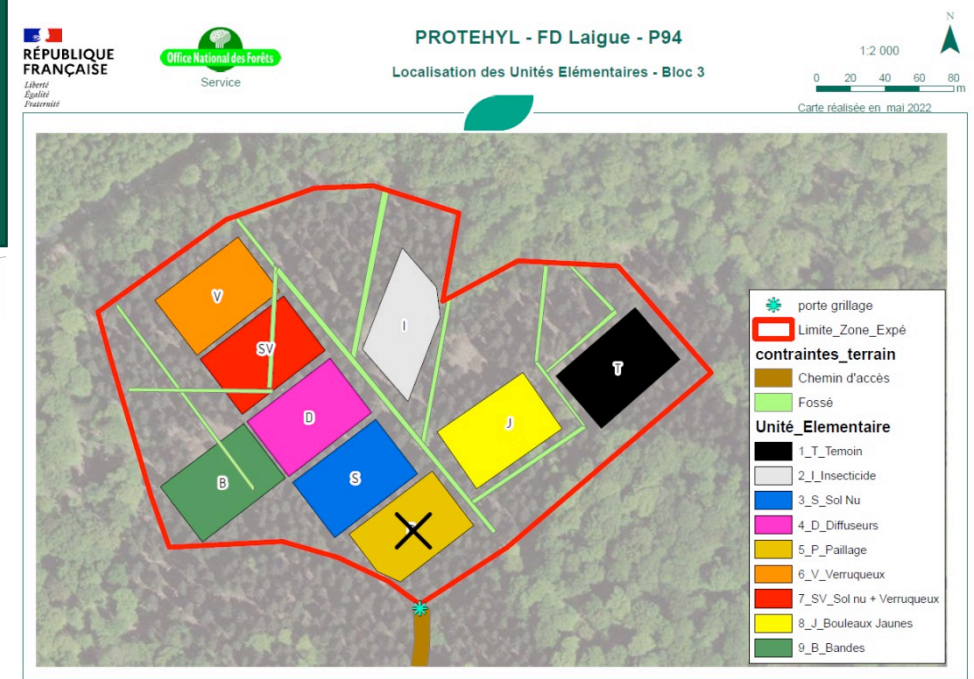
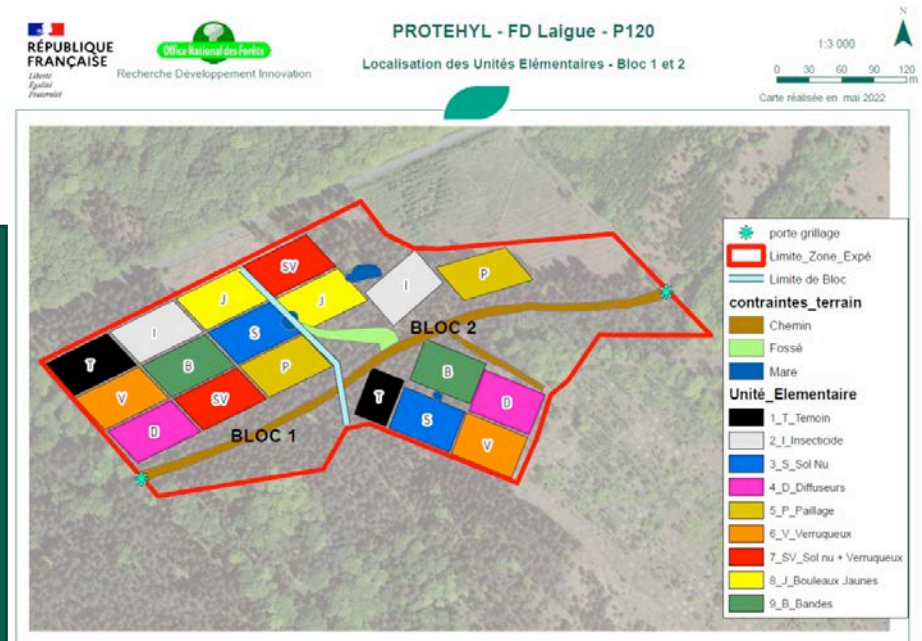
Adaptation aux possibilités locales  
(surfaces disponibles)

Et aux usages locaux

Après 18 mois :  
1 site abandonné totalement  
2 blocs abandonnés  
1 modalité abandonnée

1 année de sécheresse  
intense  
Quid année 2 ?

Révision de l'échantillonnage  
Des premiers résultats...



# Faire varier l'hétérogénéité des peuplements ?

Focus sur les mélanges, in situ



# OPTMIX

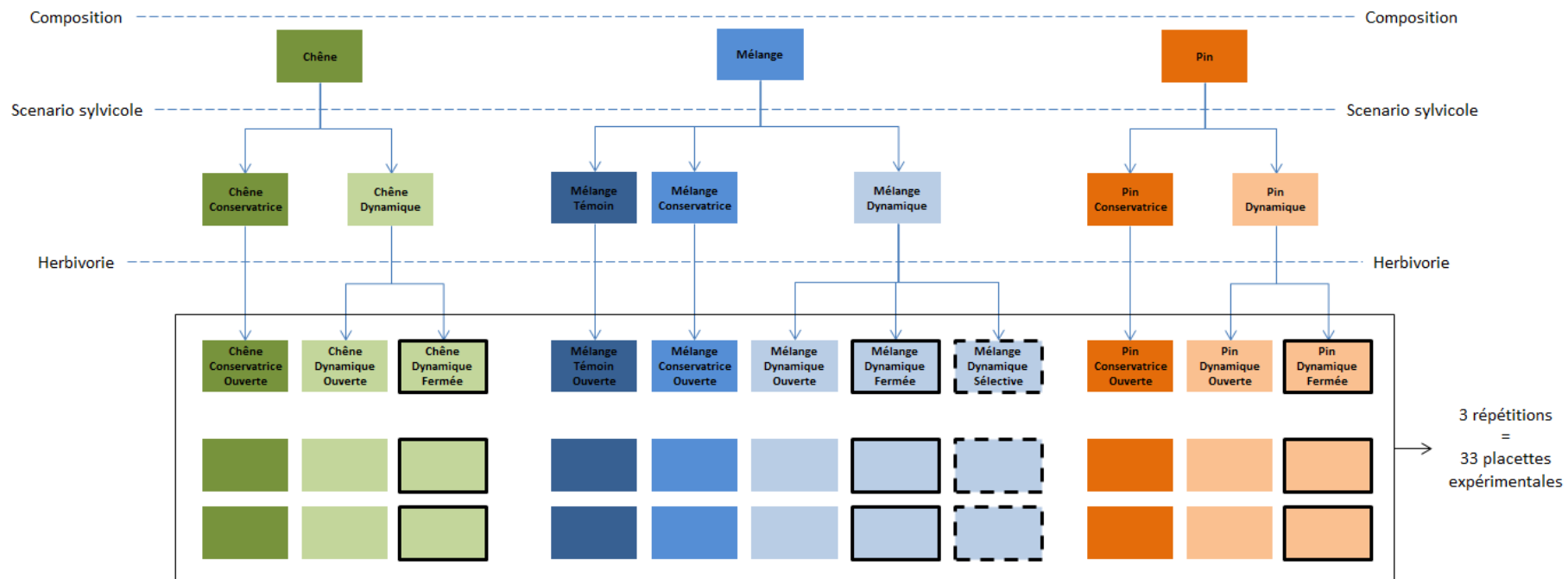
## Partir de situations différentes d'hétérogénéité

### Hypothèses :

- Fonctionnement différent entre mélange et peuplements purs.
- Différence dépend de la densité et de l'herbivorie.

### Contexte :

- Mélange chêne sessile-pin sylvestre en peuplement régulier
- Acquérir des données pour la modélisation
- Suivi sur le long terme



33 placettes instrumentées en forêt domaniale d'Orléans réparties sur 12 parcelles (surface totale de 40 ha)

[https://optmix.inrae.fr/?page\\_id=66](https://optmix.inrae.fr/?page_id=66)



- Installé en 2011-2012
- Dispositif ambitieux et instrumenté sur l'effet mélange au stade futaie.
- Unités expérimentales de 1ha.
- Des résultats sur la production moyenne, la stabilité de la production, le carbone du sol, la mortalité etc.

## ELISE

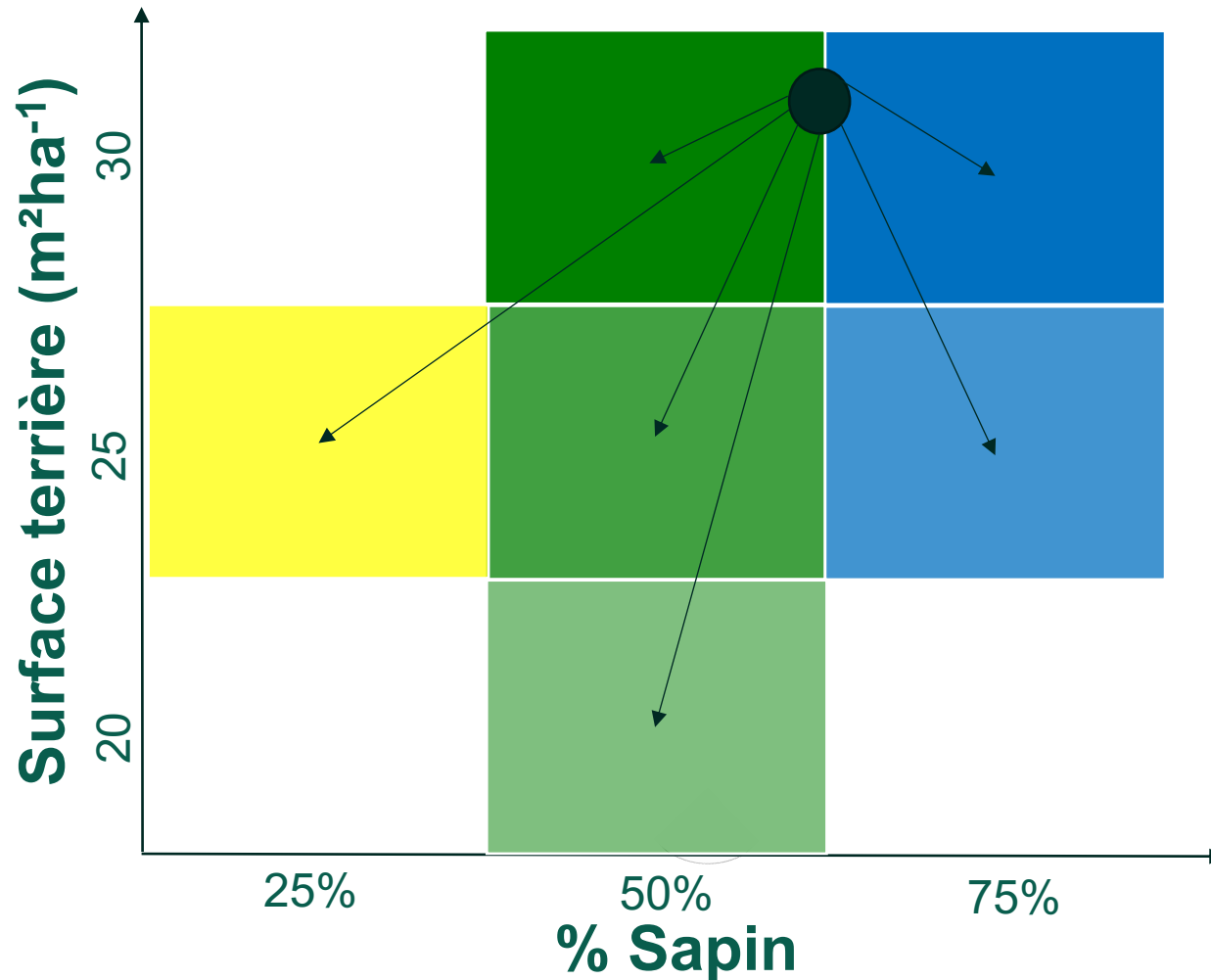
Faire varier l'hétérogénéité à partir d'une même situation initiale

### Hypothèses

- Fonctionnement différent entre mélange et peuplements dominés par un espèce.
- Cette différence dépend de la densité
- Il est possible de contrôler sur le long terme le mélange

### Contexte

- Mélange hêtre-sapin en peuplement irrégulier
- Objectif d'acquérir des données pour la modélisation
- Suivi sur le long terme



18 placettes en forêt domaniale de Lente réparties sur 4 parcelles (surface totale de 11,5 ha)

- Installé en 2020-2021
- UE : 80m\*80m
- Expérimentation en peuplement irrégulier croisant densité-mélange
- Notion de trajectoire (objectif atteint en plusieurs coupes)

# MELEZE-DOUGLAS

## Créer de nouveaux peuplements hétérogènes

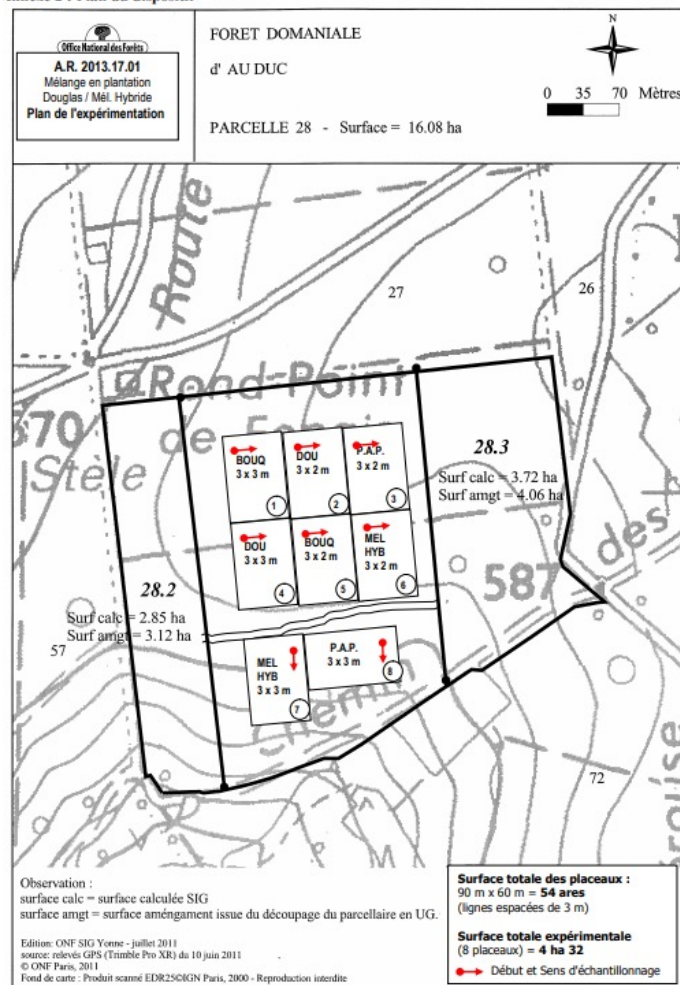
### Hypothèses

- Effet positif du mélange sur la croissance des espèces
- Meilleure coexistence des deux espèces dans le cas de mélanges en placeaux
- Effet du mélange dépend de la densité

### Contexte

- Plantation
- Etude du design de plantation (placeaux/pied à pied)

Annexe 2 : Plan du dispositif



AR 2014.17.01  
Forêt Domaniale des Trois-Monts  
Parcelles 6 et 11



## 24 placettes réparties sur 3 sites

- Installés entre 2013-2019
- Croisement densité/mélange/design de plantation
- Espèces à très forte croissance

En synthèse





## Appariement OPTMIX



*Sandrine Perret, Irstea*



*Thomas Pérot, Irstea*

**Composition acquise à t0.  
Pas d'arrière-effets sur composition.  
Homogénéité stationnelle entre modalités  
pures et mélangées non garanti.**

## Suppression ELISE



*T. Cordonnier, Irstea*



*T. Cordonnier, Irstea*

**Facteurs stationnels contrôlés à t0.  
Arrière-effets sur composition.  
Difficulté d'obtenir les modalités souhaitées  
en composition.**

## Plantation MELEZE-DOUGLAS



*Didier Bier, ONF*

## BOULEAU-DOUGLAS



**Contrôle aisé composition, densité et  
structure spatiale à t0.  
Uniquement régulier.  
Temps long avant résultats stades adultes.**

## | Conclusion

# Est-il compliqué d'expérimenter sur la complexité ?



contextualiser

Origine de l'expérimentation

Facteurs externes (connus et inconnus)

Choix des modalités (notamment extrêmes)



quantifier

Capacité limitée à faire des réplicats (locaux et territoriaux)

Vigilance sur les critères statistiques



diversifier

Organiser la diversification

En posant les hypothèses

Variables de jugement et échéances



Transmettre

Faire-savoir les connaissances acquises et la méthode d'acquisition

Élaborer des stratégies, conseils et recommandations

Une expérimentation non concluante n'est pas forcément une réfutation générale d'une hypothèse (ou invalidation d'une théorie) mais un motif d'alerte sur la fragilité d'un phénomène.



**Office National des Forêts**

Merci pour votre attention.