

# RENOUVELLEMENT DES PEUPLEMENTS FORESTIERS EN CONTEXTE DE CHANGEMENT GLOBAL : OPPORTUNITÉS ET DIFFICULTÉS

Catherine Collet, INRAE (Silva-RENFOR)

Céline Perrier, IDF-CNPF (AFORCE)

Contributeurs : Olivier Baubet (MASA), Vincent Boulanger (ONF), Bernard Boutte (MASA), Joël Conche (ONF), Morgane Delay (IDF), Aurore Desgroux (INRAE), Claude Husson (DSF), Cécile Joyeau (INRAE), Lisa Laurent (APT), Céline Meredieu (INRAE), Christophe Orazio (IEFC), Quentin Ponette (UCL), Philippe Riou-Nivert (CNPF-IDF), Sonia Saïd (OFB), François-Xavier Saintonge (MASA), Marion Toutchkov (ONF),

## 1 Ouverture du couvert ↔ Renouvellement

→ Le choix d'un type de coupe est indissociable du renouvellement qui lui fera suite

## 2 Renouvellement forestier

Mutations importantes qui impactent à la fois les attentes portées à la forêt et son fonctionnement

→ Changements dans les objectifs assignés à la forêt et dans les itinéraires techniques sylvicoles

→ Oblige à s'interroger sur les évolutions à apporter aux pratiques de renouvellement des forêts



Kenza Bakouri @ INRAE



Alain Csakvary © CNPF

## ③ Objectifs du **volet 2** de l'expertise :

Quelles évolutions apporter aux pratiques de renouvellement des peuplements, pour les adapter aux conditions futures ?

Pour répondre à cette question, les experts mobilisés ont eu pour mission de :

- Faire un **état des lieux** des réalisations
- Analyser les **difficultés** rencontrées
- Explorer les **pistes** envisagées pour lever ces difficultés
- Identifier les **fronts de science** en recherche

en combinant données d'**enquêtes** et **littérature** scientifique et technique

et, *in fine*, coupler ces résultats avec ceux du volet 1 pour **raisonner conjointement le type de coupe et le renouvellement, dans les conditions futures**

→ 14 contributions



# 1. DESCRIPTION QUANTITATIVE DU RENOUVELLEMENT





# 1. DESCRIPTION QUANTITATIVE DU RENOUVELLEMENT

## ① Estimation des surfaces renouvelées annuellement (IGN 2022)

Surface des coupes > 90% de l'étage dominant : 67 000 ha par an (2010-2020)

Surface totale renouvelée : *inconnue*

Plantation : 45 000 ha par an (2015-2020)

Régénération naturelle : *inconnue*



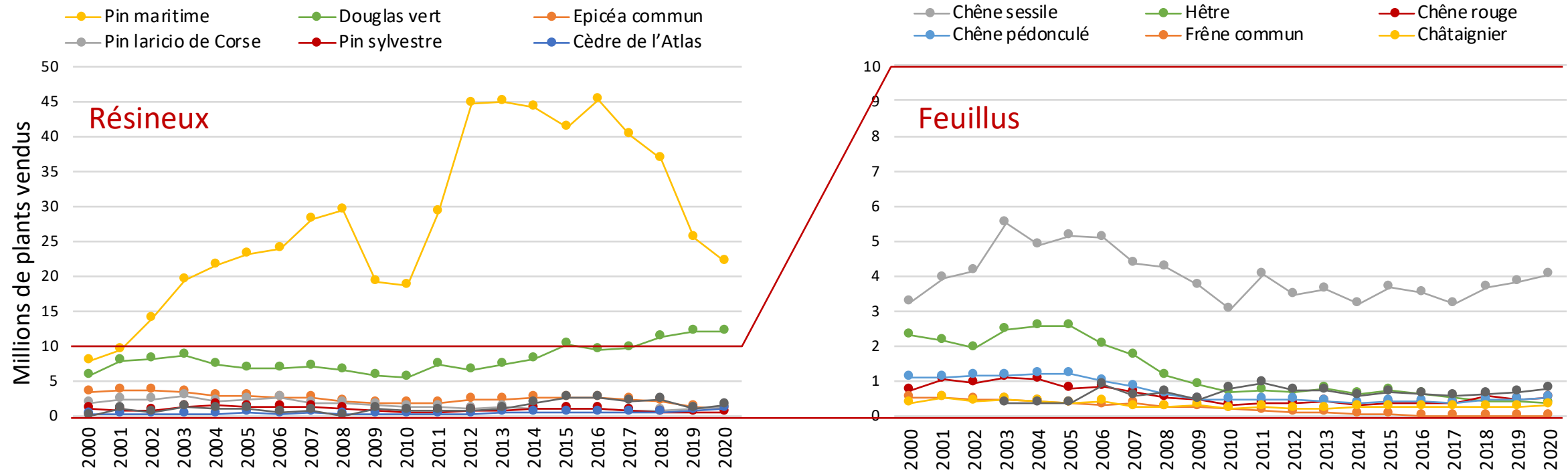
Catherine Collet @ INRAE



Sylvain Gaudin @ CNPF

# 1. DESCRIPTION QUANTITATIVE DU RENOUVELLEMENT

## ② Nature des essences renouvelées : vente annuelle de plants



Vente annuelle de plants depuis 2000 :

Pin Maritime : 28 M par an

Douglas : 8 M

Chêne sessile : 4 M

70 % des plants vendus

→ Investissement en R&D technologique concentré sur peu d'essences

# 1. DESCRIPTION QUANTITATIVE DU RENOUVELLEMENT

## ② Nature des essences renouvelées : évolution des ventes sur la dernière saison

| Evolution des ventes depuis la saison 2020-2021 | Essences                                                                                                                                                  | Raison(s) identifiée(s)                  |
|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| Extinction ✕                                    | frêne commun                                                                                                                                              | chalarose                                |
| Très forte baisse ↘↘                            | épicéa commun                                                                                                                                             | scolytes                                 |
| Baisse ↘                                        | sapin pectiné<br>hêtre                                                                                                                                    | dépérissements                           |
| Stables →                                       | mélèzes Europe et hybride<br>pin sylvestre, pin à l'encens, pin d'Alep, pin parasol, pin noir d'Autriche<br>érable sycomore, châtaignier, chêne pédonculé | -                                        |
| Augmentation ↗                                  | douglas                                                                                                                                                   | besoins de renouvellement forestier      |
|                                                 | pin laricio Corse et Calabre                                                                                                                              | conjoncturel                             |
|                                                 | pin maritime                                                                                                                                              | impact des incendies 2022                |
|                                                 | chêne vert, chêne liège, chêne chevelu                                                                                                                    | diversification                          |
|                                                 | chêne sessile                                                                                                                                             | "valeur sure"                            |
|                                                 | chêne rouge                                                                                                                                               | conjoncturel                             |
|                                                 | érable plane, alisier torminal, cormier, merisier, tilleul                                                                                                | diversification, changements climatiques |
| Très forte augmentation ↗↗                      | cèdre de l'Atlas<br>pin de Brutie, pin de Salzmann<br>sapin Bornmueller, sapin Céphalonie<br>chêne pubescent                                              | adaptation changement climatique         |



# 1. DESCRIPTION QUANTITATIVE DU RENOUVELLEMENT

## ② Nature des essences renouvelées : quel bilan ?

En plantation : forte dominance historique des résineux, et (légère) hausse des feuillus les toutes dernières années

En régénération naturelle : non estimées





# 1. DESCRIPTION QUANTITATIVE DU RENOUVELLEMENT

## Pistes d'action

En plantation : Faire le lien entre essences et surfaces plantées ?

→ Mettre en place une traçabilité des plants jusqu'à la plantation pour évaluer les surfaces réelles plantées et la destination géographique des plants

En régénération naturelle : Informations sur les surfaces régénérées ?

→ Mettre en place un système pérenne de suivi des régénérations naturelles (actuellement en cours dans inventaire IGN)



Sylvain Gaudin @ CNPF



Catherine Collet @ INRAE



## 2. EVALUATION DE LA RÉUSSITE DU RENOUVELLEMENT

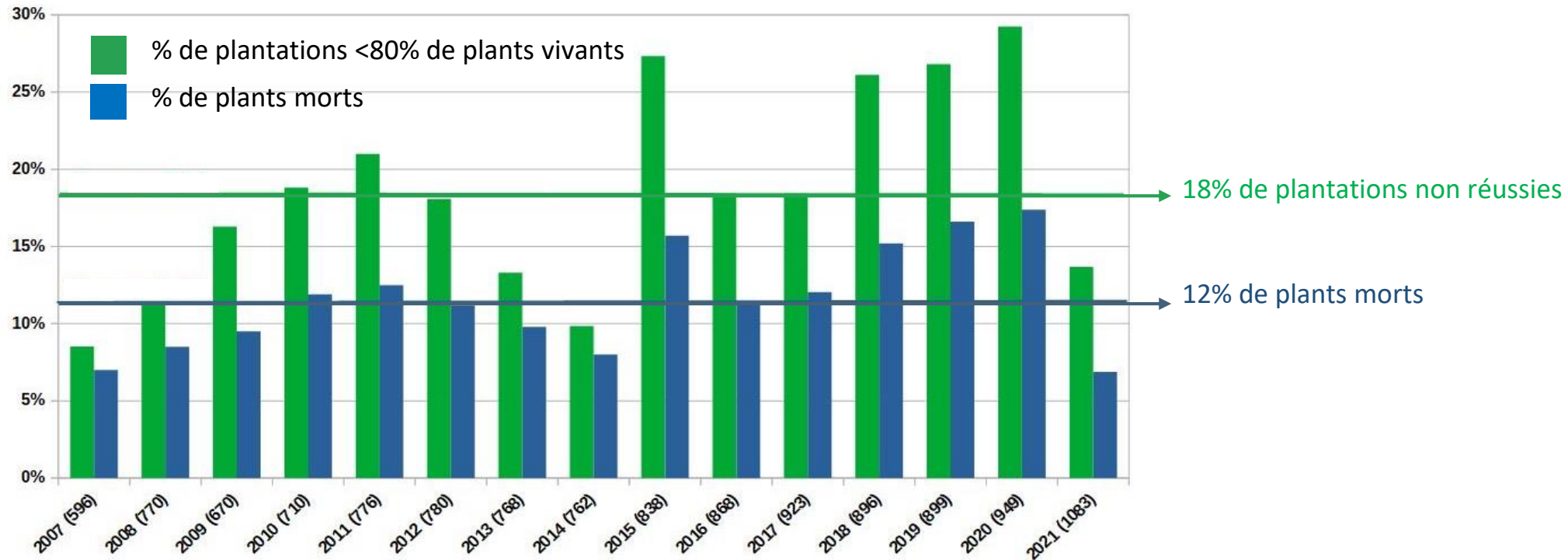




## 2. EVALUATION DE LA RÉUSSITE DU RENOUVELLEMENT

### ① Réussite / échec des plantations : enquête annuelle du DSF (2007-2021)

-> 1000 plantations en 1<sup>e</sup> année inventoriées tous les ans



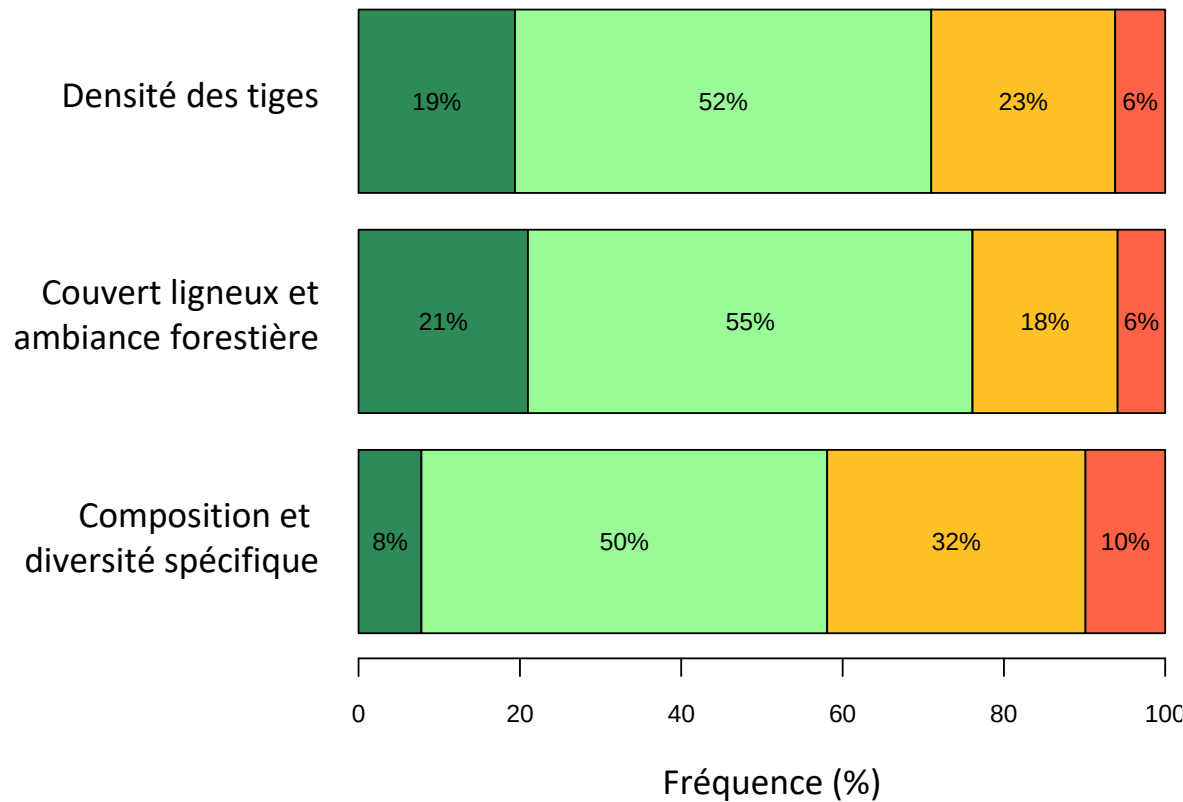
→ Lien fort avec les sécheresses estivales

l'essence (pin maritime : très forte reprise ; chêne sessile et douglas : faible reprise)

## 2. EVALUATION DE LA RÉUSSITE DU RENOUVELLEMENT

### ② Réussite des régénérations naturelles : enquête 2021 (questionnaire en ligne)

-> niveau de satisfaction quant à l'obtention des régénérations naturelles (372 réponses)



niveau de satisfaction

■ Très satisfait

■ Satisfait

■ Insatisfait

■ Très insatisfait

→ 2/3 de satisfaits

→ 1/2 satisfaits sur les 3 critères

simultanément



## 2. EVALUATION DE LA RÉUSSITE DU RENOUVELLEMENT

### ② Réussite des régénérations naturelles : études ponctuelles

-> Expérimentations ou inventaires menés dans différents contextes forestiers français

Sapin-épicéa-hêtre Alpes-Jura  
Unkule et al., 2022



Pin en forêt dunaire aquitaine  
Guignabert et al., 2020



Chênaie méditerranéenne  
Prévosto et al.



Chênaie hydromorphe de plaine  
Collet et al. 2022



- Régénération naturelle peu abondante qui limite fortement le recrutement
- Etudes ponctuelles, conduites dans des contextes jugés problématiques

## 2. EVALUATION DE LA RÉUSSITE DU RENOUVELLEMENT

### Perspectives de recherche

#### Plantations :

- Remesurer à 3 ou 5 ans, pour allonger la période de réponse des plants

### Pistes d'action

#### Régénérations naturelles :

- Mettre en place un système pérenne de suivi des régénérations à l'échelle nationale, qui explore les grands contextes forestiers (actuellement en cours dans inventaire IGN)



### 3. CONTRAINTES ACTUELLES ET FUTURES AU RENOUVELLEMENT





### 3. CONTRAINTES ACTUELLES ET FUTURES AU RENOUVELLEMENT

Contraintes fortes → Mortalité et échecs de renouvellement

En plantation : enquête du DSF

- |      |                                                                 |
|------|-----------------------------------------------------------------|
| 85 % | des mortalités : cause abiotique (climat, ... ) ou « complexe » |
| 8 %  | grands ongulés ou rongeurs                                      |
| 5 %  | insectes                                                        |
| 1 %  | pathogènes                                                      |

En plantation et régénération naturelle : veille sanitaire du DSF

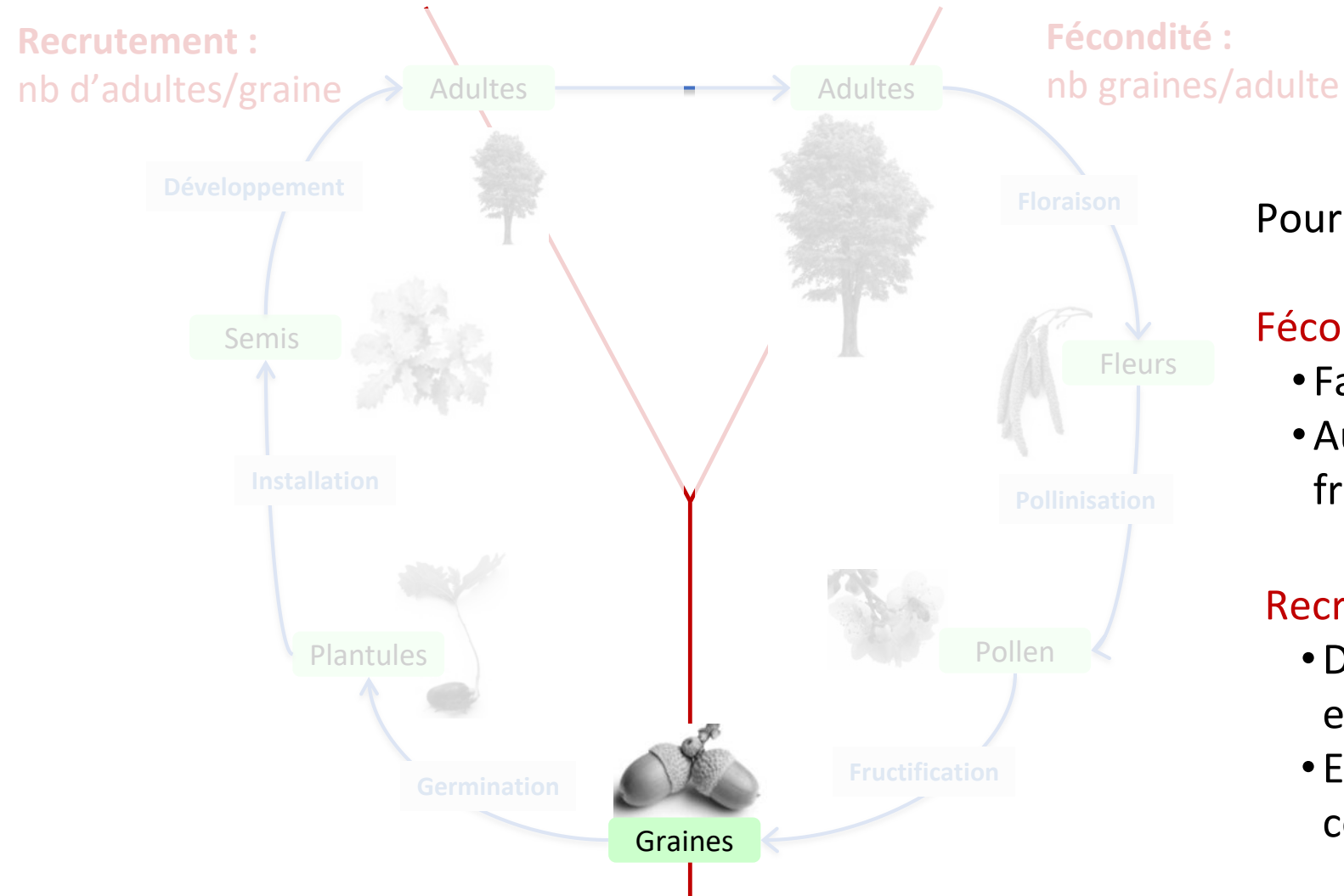
- 400 agents biotiques,
- dont une 15aine posent problème à grande échelle





# 3. CONTRAINTES ACTUELLES ET FUTURES AU RENOUVELLEMENT

## ① Impacts des changements climatiques sur les régénérations naturelles



Pour de nombreuses essences forestières :

### Fécondité :

- Favorisée par des températures plus élevées
- Augmentation du masting (fluctuation fructification)

### Recrutement :

- Défavorisé par des températures plus élevées et des bilans hydriques plus faibles
- Effets bénéfiques de l'abri dispensé par le couvert plus marqués

# 3. CONTRAINTES ACTUELLES ET FUTURES AU RENOUVELLEMENT

## 2 Impacts des changements climatiques sur les plantations

Pépinière



Transport

Route



Stockage

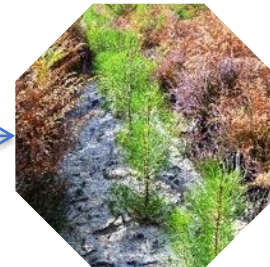
Forêt



Plantation



Installation



Développement



Transport, stockage, plantation :

- Difficultés exacerbées par le changement climatique

Installation :

- Choc de transplantation augmente avec des températures plus élevées et des bilans hydriques plus faibles

Développement :

- Défavorisé par des températures plus élevées et des bilans hydriques plus faibles
- Effets abri du couvert plus marqués



### 3. CONTRAINTES ACTUELLES ET FUTURES AU RENOUVELLEMENT

#### Perspectives de recherche

##### Plantation :

- Poursuivre l'innovation sur les techniques d'élevage, de conditionnement et de préparation de site améliorant la résistance des plants aux contraintes climatiques (mycorhization, rétenteur d'eau, type de conteneur, ...)
- Elaborer des outils d'aide à la décision pour choisir le type de plants et l'itinéraire technique les plus adaptés au site de plantation

##### Régénération naturelle :

- Expérimenter et suivre les différentes étapes de la régénération pour comprendre les facteurs qui déterminent leur dynamique
- Expérimenter pour analyser la dynamique de la régénération en réponse aux interventions sylvicoles (maintien d'un couvert adulte), dans des réseaux qui explorent des gradients de conditions climatiques dans l'espace et le temps

### 3. CONTRAINTES ACTUELLES ET FUTURES AU RENOUVELLEMENT

#### Pistes d'action

##### Plantation :

- Assurer chacune des étapes de la chaîne de transplantation forestière, de la pépinière à la mise en terre

##### Régénération naturelle :

- Pallier la variabilité annuelle de la fructification et la baisse du recrutement en saisissant les opportunités de régénération offertes par les bonnes années, et en maintenant des semenciers dans les parcelles jusqu'à l'acquisition de la régénération

##### Plantation et régénération naturelle :

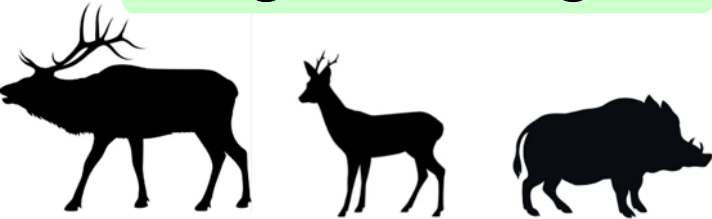
- Repenser le rôle du couvert végétal, en vue de réduire les extrêmes climatiques qui peuvent s'avérer létales pour les jeunes plants et semis



### 3. CONTRAINTES ACTUELLES ET FUTURES AU RENOUVELLEMENT

#### ③ Impacts des herbivores et des pathogènes sur le renouvellement

##### Ongulés sauvages



##### Micro rongeurs



##### Insectes et pathogènes

| Nom                       | Type              | Essence         |
|---------------------------|-------------------|-----------------|
| <b>Hylobe</b>             | <b>insecte</b>    | <b>Résineux</b> |
| <b>Oïdium du chêne</b>    | <b>champignon</b> | <b>Chênes</b>   |
| Chalarose                 | champignon        | Frêne           |
| Sphaeropsis des pins      | champignon        | Pins            |
| Processionnaire du pin    | insecte           | Pins            |
| Rouille courbeuse du pin  | champignon        | Pins            |
| Phomopsis spp.            | champignon        | tous            |
| Rouille suisse du douglas | champignon        | Douglas         |
| Cécidomyie Douglas        | insecte           | Douglas         |
| Sclerophoma pithyophila   | champignon        | Résineux        |
| Pestalotiopsis spp        | champignon        | Tous            |
| Pissode du pin            | insecte           | Pins            |

# 3. CONTRAINTES ACTUELLES ET FUTURES AU RENOUVELLEMENT

## ③ Impacts des herbivores et des pathogènes sur le renouvellement

### Ongulés sauvages

- Augmentation des populations d'ongulés qui peut impacter fortement le renouvellement
- Part des ongulés dans les échecs de renouvellement mal quantifiée
- Impacts sur la prédation des graines mal quantifiés



### Insectes et pathogènes

- Environ 25% des principaux bioagresseurs incriminés sont d'origine exotique (invasion) et sont souvent véhiculés par les plants.
- Nombre de bioagresseurs pourraient être favorisés par les changements climatiques
- Impacts sur les graines mal quantifiés

### Micro rongeurs

- Peu d'impacts sur les jeunes arbres
- Impacts sur la prédation des graines mal quantifiés





### 3. CONTRAINTES ACTUELLES ET FUTURES AU RENOUVELLEMENT

#### Perspectives de recherche

##### Ongulés :

- Déployer des stratégies territoriales pour contrôler les populations d'ongulés, qui impliquent les sciences sociales
- Améliorer les outils évaluant les impacts des ongulés sur les renouvellements

##### Microrongeurs, insectes et pathogènes :

- Mieux connaître le cycle de vie et le mode d'action des bioagresseurs
- Développer des outils de détection précoce et de signalement

##### Ongulés, microrongeurs, insectes et pathogènes :

- Développer des méthodes culturales (protection, gainage, travail du sol, ...) permettant de réduire les dégâts

### 3. CONTRAINTES ACTUELLES ET FUTURES AU RENOUVELLEMENT

#### 4 Production et fourniture de plants

Approvisionnement en plants sous tension :

- Délais entre récolte des graines et fourniture des plants  
→ *anticipation nécessaire pour s'adapter à la demande*
- Déficit de surface des vergers à graines  
Aléas climatiques et phytosanitaires qui affectent les vergers et les peuplements classés  
→ *déficits en semences*

#### 5 Opérateurs forestiers

Disponibilité des opérateurs limitée :

- Attractivité des métiers
- Investissement matériel





### 3. CONTRAINTES ACTUELLES ET FUTURES AU RENOUVELLEMENT

#### Perspectives de recherche

##### Nouvelles essences :

- Améliorer nos connaissances sur les performances des essences émergentes (méridionales) et sur la production de plants de ces essences

##### Production de graines :

- Développer des itinéraires techniques pour la conduite des vergers et des peuplements sélectionnés, en conditions climatiques futures

#### Pistes d'action

##### Organisation filière :

- Favoriser la coordination entre acteurs de la filière graines-plants-forêts : anticipation, lisibilité

## 4. RENOUVELLEMENT APRÈS UNE PERTURBATION FORTE





## 4. RENOUVELLEMENT APRÈS UNE PERTURBATION FORTE

Hausse attendue de la fréquence et de l'intensité des **fortes perturbations** :  
tempêtes, incendies, bioagresseurs, sécheresse...



# 4. RENOUVELLEMENT APRÈS UNE PERTURBATION FORTE

## Contraintes au renouvellement

- Réduction du nombre de semenciers
- Modification des conditions (microclimatiques, pédologiques, biotiques)
- Difficultés techniques : arbres enchevêtrés, chablis, rémanents, arbres morts sur pied...

→ Dans de nombreux cas, nécessité d'**accompagner le retour à un état boisé**, pour rétablir les services rendus par la forêt

## Privilégier la dynamique spontanée

- Possible ?
  - Souhaitable ?
- } Si oui → Appliquer un itinéraire de reconstitution :
- Enlèvement / conservation des arbres endommagés ou morts, et des rémanents
  - Accompagnement de la régénération naturelle
  - Compléments par plantation si nécessaire
  - Réalisation des entretiens (au-delà de l'effort post-perturbation)



## 4. RENOUVELLEMENT APRÈS UNE PERTURBATION FORTE

### Perspectives de recherche

- Approfondir l'analyse du risque: dynamique spatiale et temporelle
- Développer des démarches d'analyse multirisques et de risques en cascade
- Analyser les dynamiques post-perturbation, le long d'un gradient d'intensité d'interventions (de la plantation à la libre évolution), pour différents contextes
- Installer / maintenir des observatoires post-perturbations



## 5. CONCEPTION D'ITINÉRAIRES TECHNIQUES DE RENOUVELLEMENT, POUR DES PEUPLEMENTS ADAPTÉS AUX CONDITIONS FUTURES





## 5. CONCEPTION D'ITINÉRAIRES TECHNIQUES DE RENOUVELLEMENT, POUR DES PEUPEMENTS ADAPTÉS AUX CONDITIONS FUTURES

Impacts de changements globaux :

- Induisent des difficultés dans l'obtention des renouvellements (parties 1-4)
- Imposent de modifier le type de peuplement visé à la fin de la phase de renouvellement

→ Comment conduire le renouvellement pour obtenir des peuplements adaptés aux conditions futures ?

1. Installer des peuplements mélangés
2. Diversifier les schémas d'installation

# 5. CONCEPTION D'ITINÉRAIRES TECHNIQUES DE RENOUVELLEMENT, POUR DES PEUPLEMENTS ADAPTÉS AUX CONDITIONS FUTURES

Enquête sur les renouvellements « diversifiés » → élaboration d'une typologie des renouvellements

| Unité de gestion                       | (UG =) Parcelle ou Parquet : $S \geq 0.5$ ha                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                     |                                                                                                                                                                                    |                                                                         |                                                                                                   |                                                                                            |
|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| Type                                   | <b>(Re)boisement complet</b><br><i>(la densité et la disposition des plants permettront d'obtenir un peuplement final complet)</i>                                                                                                                           |                                                                                     | <b>Enrichissement</b><br><i>(la densité et la disposition des plants ne permettront pas de constituer un peuplement final complet. On s'appuie sur un peuplement intersticiel)</i> |                                                                         |                                                                                                   |                                                                                            |
| Organisation spatiale de la plantation | <b>En plein - complet</b><br><i>(répartition homogène des plants)</i>                                                                                                                                                                                        | <b>Par points d'appui</b><br><i>(répartition systématique de groupes de plants)</i> | <b>Par bouquets</b><br><i>(<math>S &lt; 05</math> ha)</i>                                                                                                                          | <b>En bandes</b><br><i>(peuplement complet sur les bandes plantées)</i> | <b>En lignes espacées</b><br><i>(les arbres plantés ne constituent pas un peuplement complet)</i> | <b>En allées</b><br><i>(une ou plusieurs lignes de part et d'autre d'un cloisonnement)</i> |
| Autres caractéristiques                | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Densité et disposition des lignes, ou des zones de plantation...</li> <li>- Surface et forme des zones des plantation</li> <li>- Densité locale / globale</li> </ul>                                                |                                                                                     |                                                                                                                                                                                    |                                                                         |                                                                                                   |                                                                                            |
| Structure verticale                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Sous couvert</b> <i>(sous un peuplement forestier maintenu en place)</i></li> <li>- <b>A découvert, installation en une ou plusieurs fois</b> <i>(conduit à l'obtention d'un ou plusieurs étages)</i></li> </ul> |                                                                                     |                                                                                                                                                                                    |                                                                         |                                                                                                   |                                                                                            |
| Composition de la plantation           | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pure ou mélangée <i>(et proportion de chaque essence)</i></li> <li>- Schéma du mélange <i>(pied à pied, par lignes ou tronçons, par séquences...)</i></li> </ul>                                                    |                                                                                     |                                                                                                                                                                                    |                                                                         |                                                                                                   |                                                                                            |

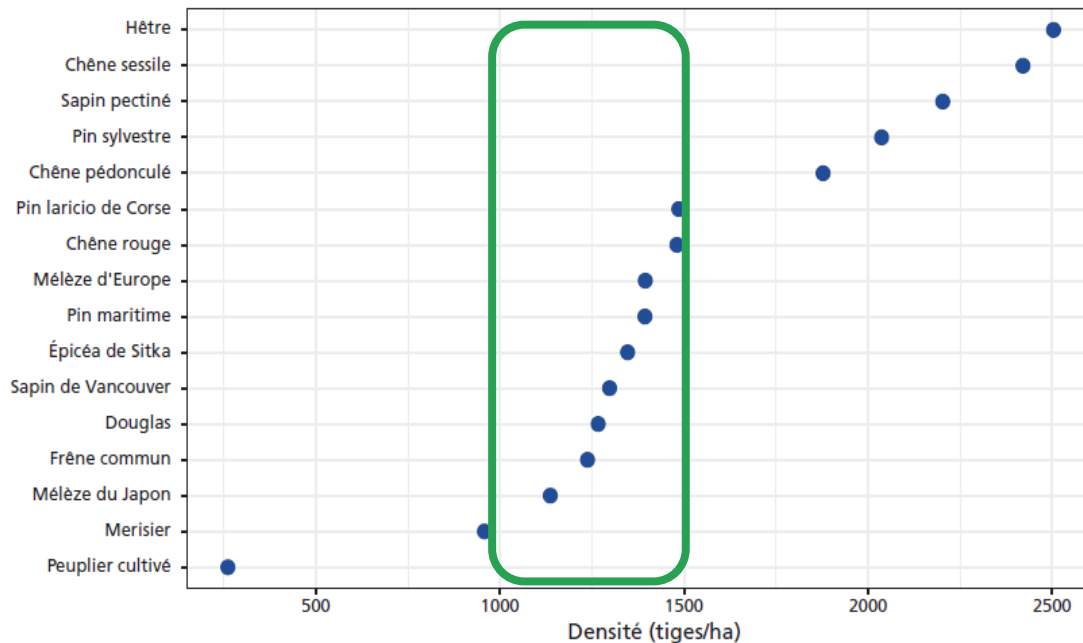


# 5. CONCEPTION D'ITINÉRAIRES TECHNIQUES DE RENOUVELLEMENT, POUR DES PEUPELEMENTS ADAPTÉS AUX CONDITIONS FUTURES

## ① Diversifier les densités initiales et les schémas d'installation

Grande majorité de plantations monospécifiques en plein (1000 à 1500 plants/ha)  
mais des modèles alternatifs apparaissent

*Densité initiale de plantation (IGN, 2017)*



### Importance pour la phase de renouvellement :

- Compenser les fortes mortalités initiales par une densité initiale élevée
- Planter sous abri ou dans une végétation interstitielle pour disposer d'un abri végétal

### Raisonner la densité et le schéma :

- Diagnostic de l'existant
- Itinéraire choisi pour le stade adulte

# 5. CONCEPTION D'ITINÉRAIRES TECHNIQUES DE RENOUVELLEMENT, POUR DES PEUPLEMENTS ADAPTÉS AUX CONDITIONS FUTURES

## 2 Installer des mélanges

### Raisonner les essences en fonction de l'objectif visé

- Rôle de chaque essence : lever une contrainte du milieu (azote...), fournir un service écosystémique (production...), remplir une fonction culturelle (gainage...)
- Durée de leur maintien

### Choisir le nombre d'essences

- Un faible nombre d'essences suffit (2 ou 3)
- Considérer leur compatibilité et leur complémentarité



Catherine Collet@ INRAE



## V. CONCLUSION DU VOLET 2





# V. CONCLUSION DU VOLET 2 : COUPE RASE ET RENOUVELLEMENT FORESTIER

## Contraintes pour le renouvellement induites par les coupes :

- Réduction des semenciers dans la parcelle
- Réduction de l'abri végétal pouvant tamponner les excès climatiques vis-à-vis des jeunes arbres
- Dégradation plus marquée du sol (tassement, biodiversité, engorgement temporaire) pouvant réduire l'installation des plants et semis
- Stimulation de la croissance des populations d'ongulés en cas de grandes coupes très nombreuses à l'échelle du territoire

→ Ces contraintes peuvent accentuer les impacts des changements globaux sur les jeunes arbres

## Bénéfices attendus pour le renouvellement :

- Apports en lumière (accès à la canopée) et en eau du sol favorables à la plupart des essences
- Dosage de lumière pour favoriser les essences désirées

→ Equilibre à trouver dans le degré d'ouverture, probablement différent de celui qu'on avait jusqu'à présent



# V. CONCLUSION DU VOLET 2 : CONDUITE DU RENOUVELLEMENT FORESTIER

---

- Contraintes multiples nouvelles attendues
  - Renouvellement moins facile qu' « avant », auquel il faudra porter plus d'attention
- Diversité de solutions à explorer pour lever les nouvelles contraintes
  - Concevoir une palette d'outils opérationnels
- Contraintes identifiées, pistes d'actions proposées
  - Intégrer ces résultats dans des itinéraires de gestion cohérents
- Besoin d'une filière organisée et réactive
  - Animer, coordonner, anticiper

MERCI DE VOTRE ATTENTION !

