

# Changement climatique, quel avenir pour le Douglas en Bourgogne ?

**Assemblée plénière 2024 de COFORET  
Autun – 27 juin 2024**

Bruno Borde - CNPF Bourgogne Franche-Comté

# Changement climatique, quel avenir pour le Douglas en Bourgogne ?

Attribution d'une aide du FEADER au titre du type d'opération 16.1.1 Partenariat Européen d'Innovation « Agriculture et Foresterie productives et durables » du Programme de développement rural (PDR) de la Région Bourgogne pour la période 2014 -2020



# Missions

## TACHE 1

Constitution d'un réseau régional de références et d'essais sur le douglas

## TACHE 2

Evaluation et analyse des risques

## TACHE 3

Adapter et renouveler les peuplements pour favoriser leur résilience



# Tâche 1 - Constitution d'un réseau régional de références et d'essais sur le douglas



**39 dispositifs**  
*De mesures et observations*



**20 dispositifs**  
*De plantations en mélanges*



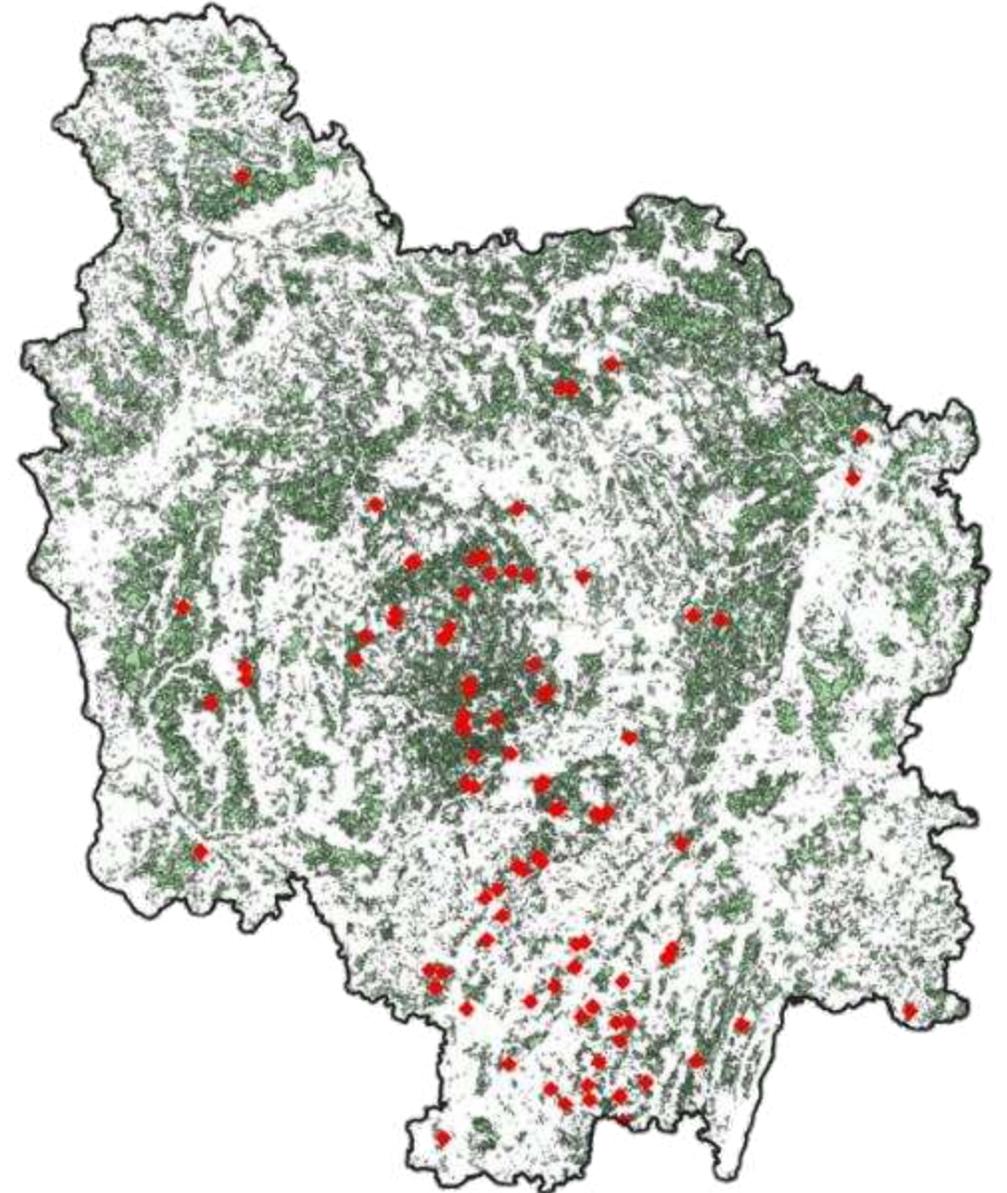
**3 dispositifs AFI**  
*Association Futaie Irrégulière*



**5 dispositifs**  
*Marteloscope*



**6 dispositifs**  
*Comparaison de provenances*





# Tâche 1 - Constitution d'un réseau de références et d'essais sur le douglas

## Futaie régulière

20 références



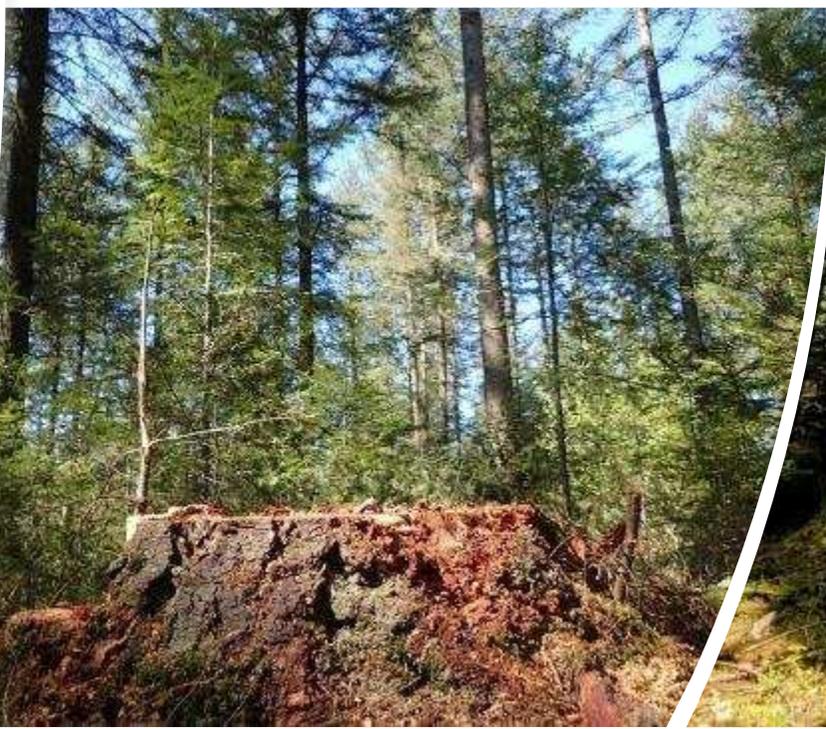
# Tâche 1 - Constitution d'un réseau de références et d'essais sur le douglas

## Futaie régulière

20 références

## Traitement d'irrégularisation

12 références



# Tâche 1 - Constitution d'un réseau de références et d'essais sur le douglas

## Futaie régulière

20 références

## Traitement d'irrégularisation

12 références

## Régénération naturelle

8 références



# Tâche 1 - Constitution d'un réseau de références et d'essais sur le douglas

## **Futaie régulière**

20 références

## **Traitement d'irrégularisation**

12 références

## **Régénération naturelle**

8 références

## **Futaie mélangée**

10 références



# Tâche 1 - Constitution d'un réseau de références et d'essais sur le douglas

## **Futaie régulière**

20 références

## **Traitement d'irrégularisation**

12 références

## **Régénération naturelle**

8 références

## **Futaie mélangée**

10 références

## **Plantation en mélange**

20 références



## Tâche 2 - Evaluation et analyse des risques

### Symptômes



## Tâche 2 - Evaluation et analyse des risques

### Symptômes

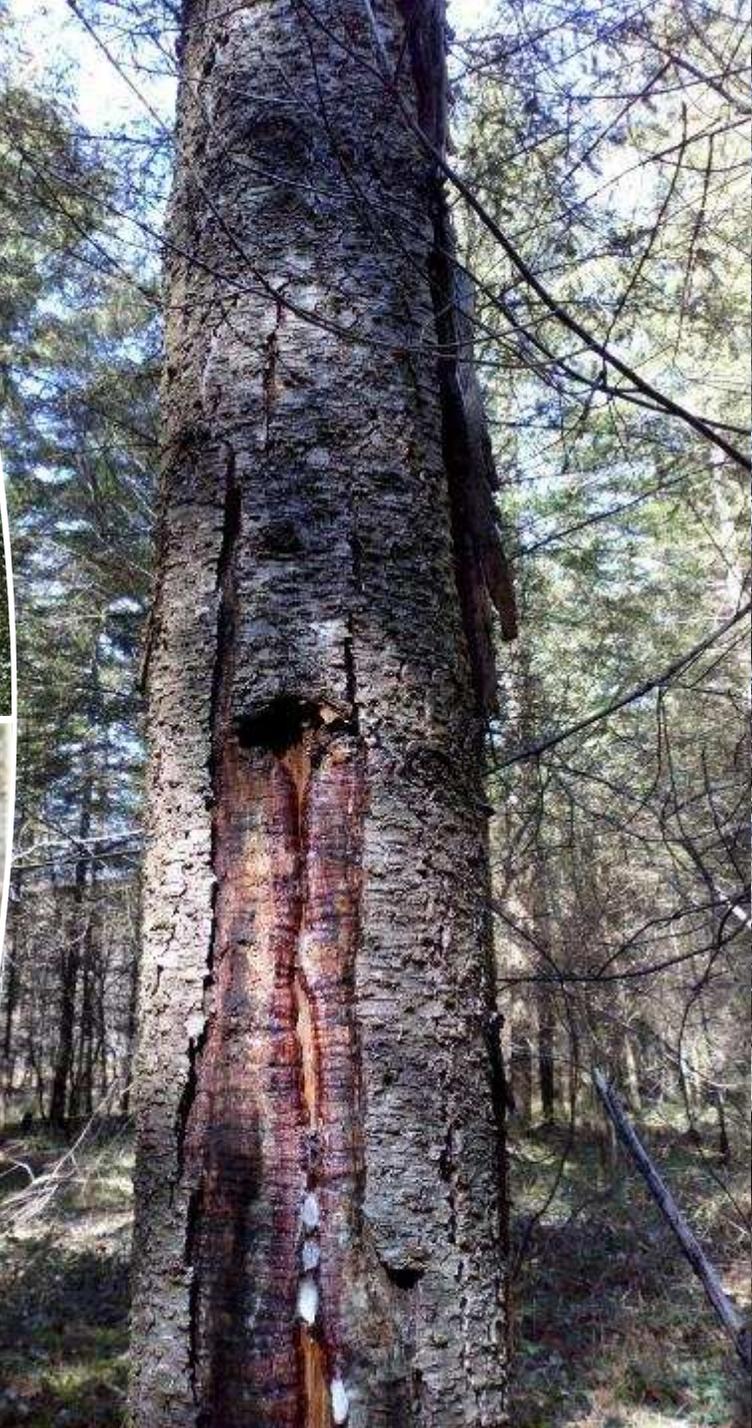
- ✓ Rougissement partiel ou total



## Tâche 2 - Evaluation et analyse des risques

### Symptômes

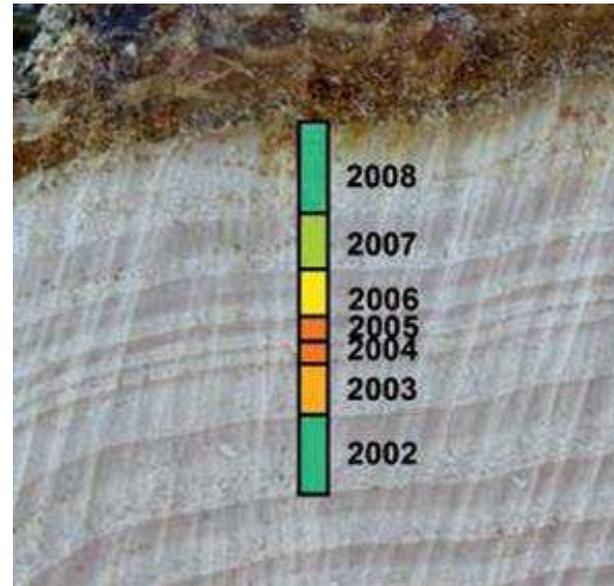
- ✓ Rougissement partiel ou total
- ✓ Fentes corticales avec coulure de résine
- ✓ Nécrose cambiale



## Tâche 2 - Evaluation et analyse des risques

### Symptômes

- ✓ Rougissement partiel ou total
- ✓ Fentes corticales avec coulure de résine
- ✓ Nécrose cambiale
- ✓ Défoliation et perte de croissance





## Tâche 2 - Evaluation et analyse des risques

### Contraintes climatiques

#### Autun (303 m)

##### Puviométrie

Annuelle

Estivale

##### Moy. des T°

Max Estivale

Normale  
1991-2020

**857**

**187**

**25,07**

Ecart à la normale

#### Matour (450 m)

##### Puviométrie

Annuelle

Estivale

##### Moy. des T°

Max Estivale

**1030**

**239**

**25,2**

Ecart à la normale

2015

634

136

27,47

2,40

2016

955

130

25,07

0,00

2017

749

214

25,93

0,86

2018

794

124

27,40

2,33

2019

695

104

27,87

2,80

2020

719

135

26,50

1,43

2021

814

251

23,97

-1,10

2022

778

209

28,07

3,00

2023

831

158

27,07

2,00

Moyenne  
2015/2023

**774**

**162**

**26,59**

1,52

**924**

**196**

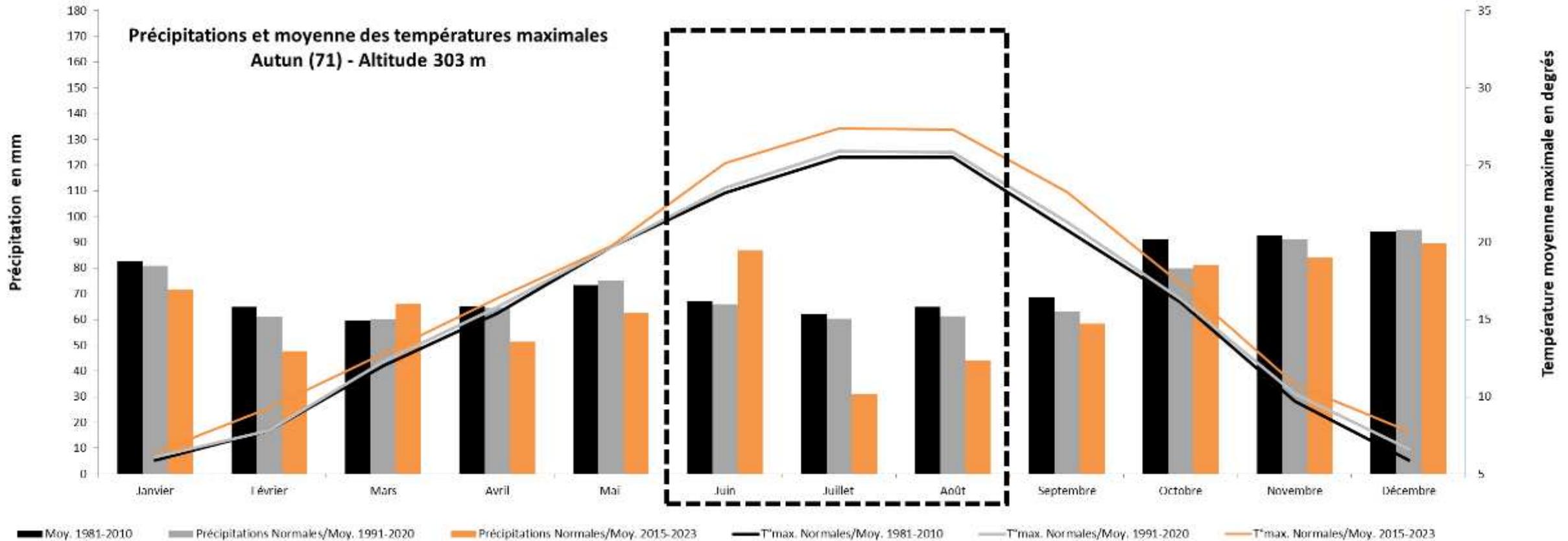
**26,79**

1,59



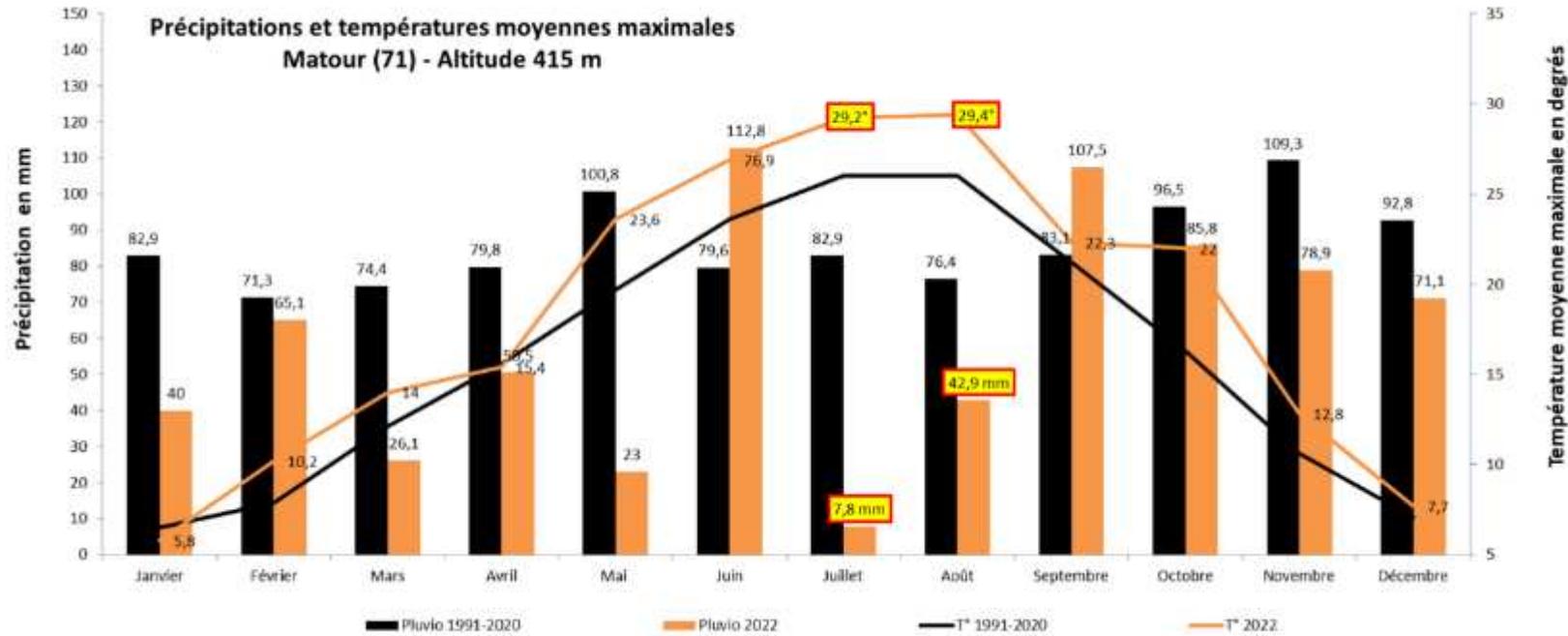
# Tâche 2 - Evaluation et analyse des risques

## Contraintes climatiques

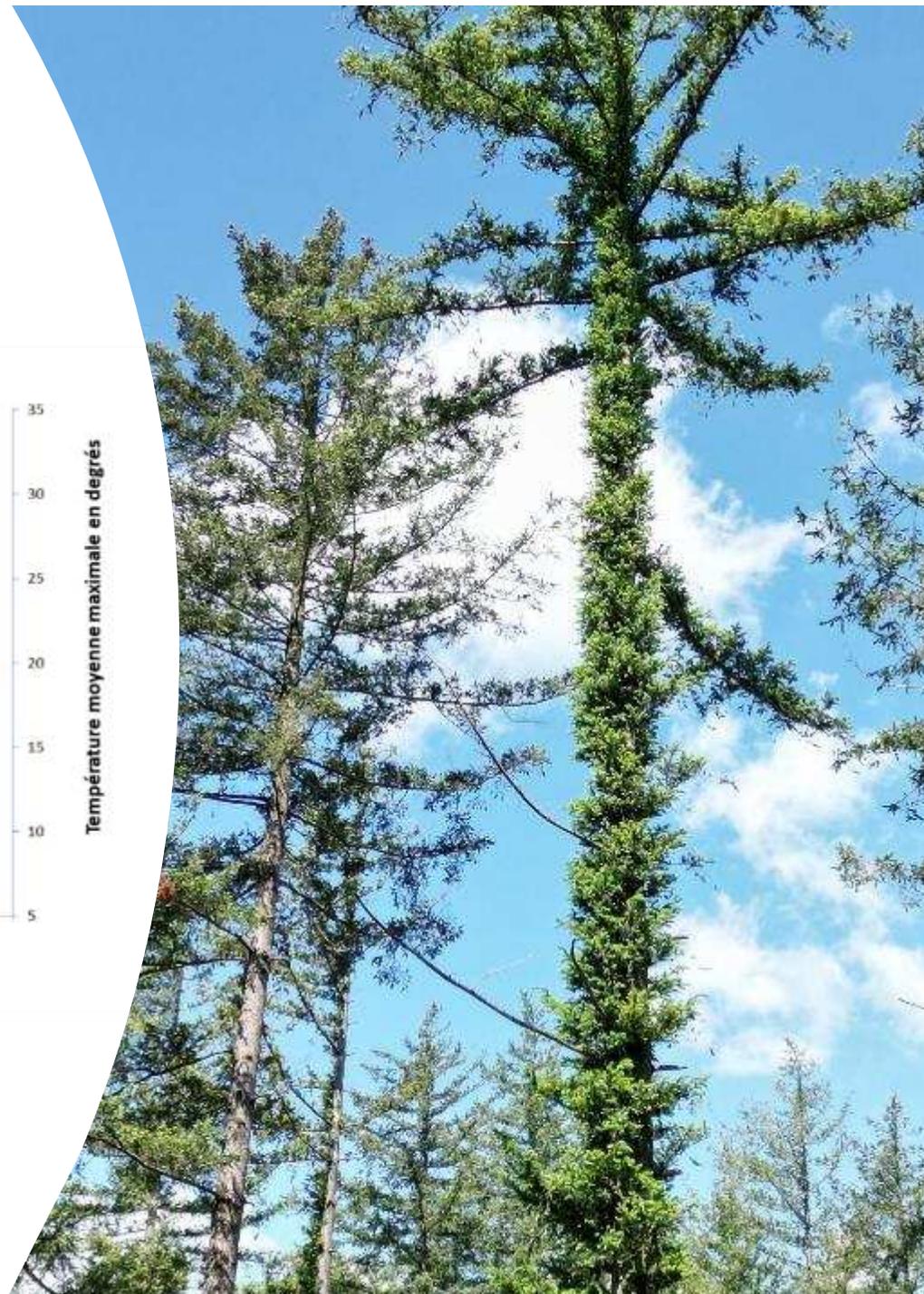


# Tâche 2 - Evaluation et analyse des risques

## Contraintes climatiques



Température moyenne maximale en degrés



## Tâche 2 - Evaluation et analyse des risques

### Contraintes climatiques

### Mesures écophysiological fines

### Systèmes e-PépiPIAF



# Tâche 2 - Evaluation et analyse des risques

## Contraintes climatiques

### Mesures écophysiological fines

### Systèmes e-PépiPIAF



## Tâche 2 - Evaluation et analyse des risques

### Contraintes climatiques

#### Mesures écophysiological fines

#### Systemes e-PépiPIAF

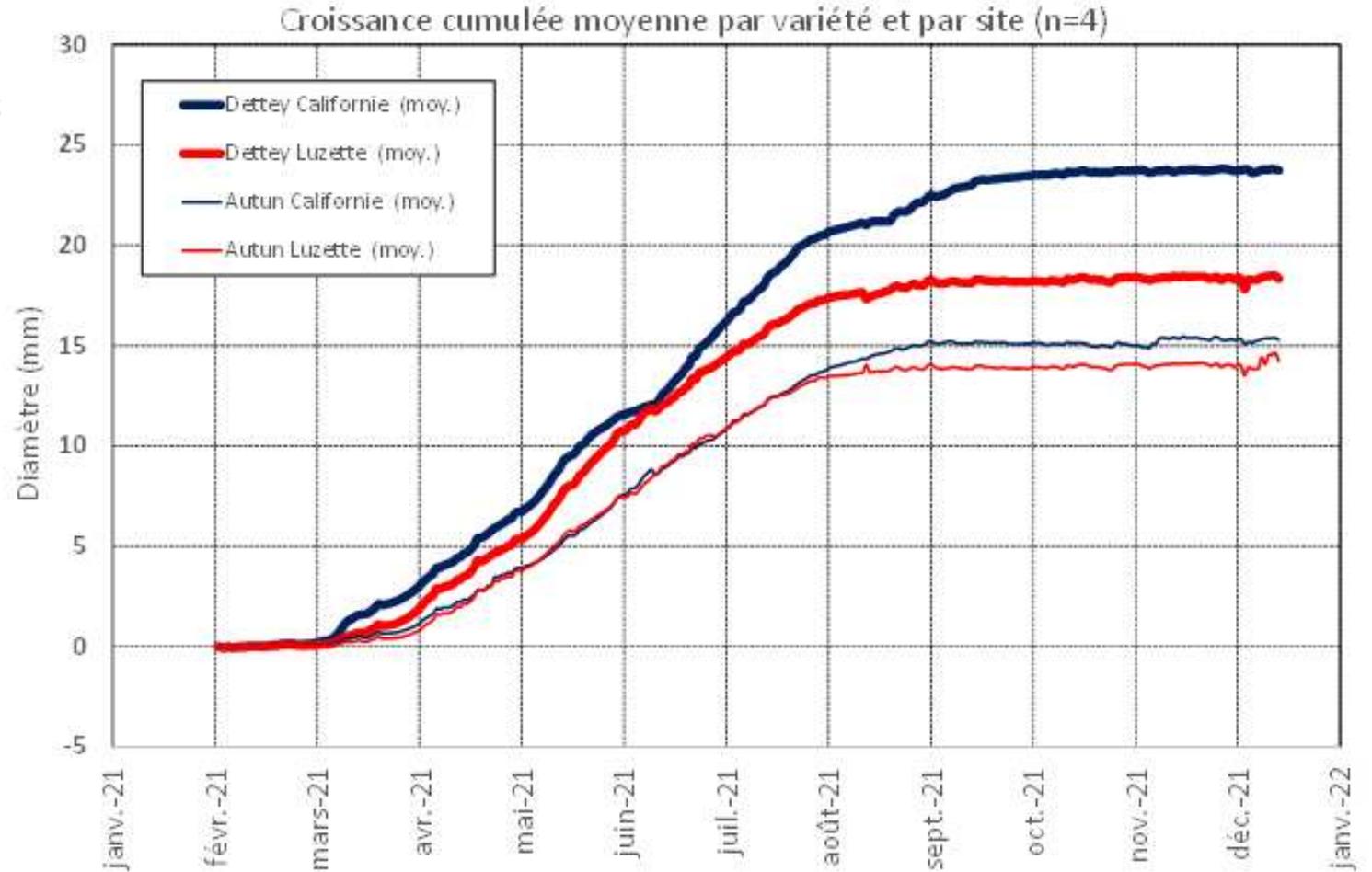


## Tâche 2 - Evaluation et analyse des risques

### Contraintes climatiques

Mesures écophysiological fines

Systèmes e-PépiPIAF



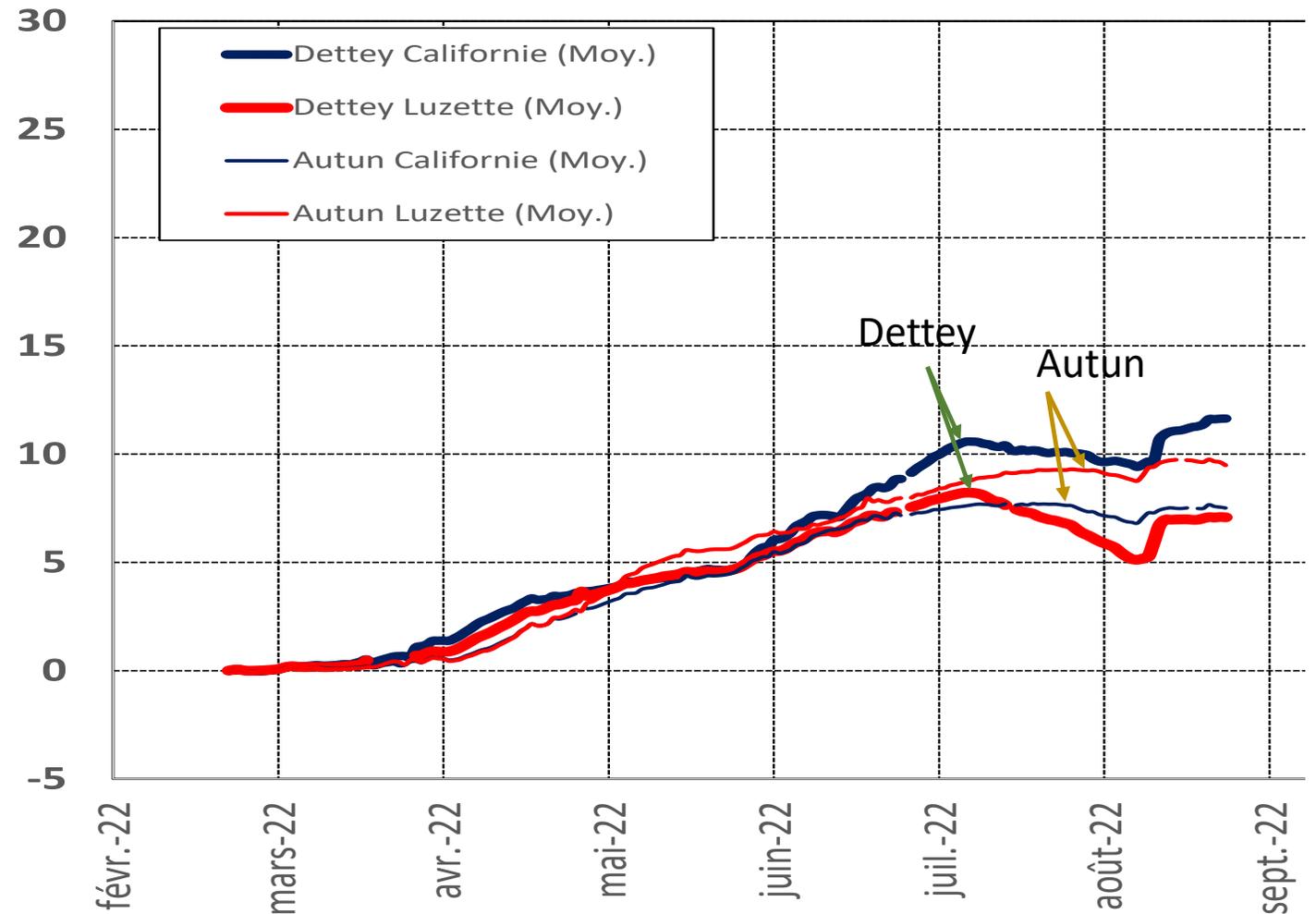
## Tâche 2 - Evaluation et analyse des risques

### Contraintes climatiques

#### Mesures écophysiological fines

#### Systèmes e-PépiPIAF

- Début juillet, la croissance se stoppe et on observe même une diminution du diamètre, indiquant clairement une forte contrainte hydrique en particulier pour les Douglas du site de Dettey.
- Cette diminution du diamètre est un peu plus tardive sur le site d'Autun et un peu moins marquée pour les deux variétés.
- Les orages de la mi-août permettent de récupérer l'eau cédée par les tissus de l'écorce pour la transpiration.



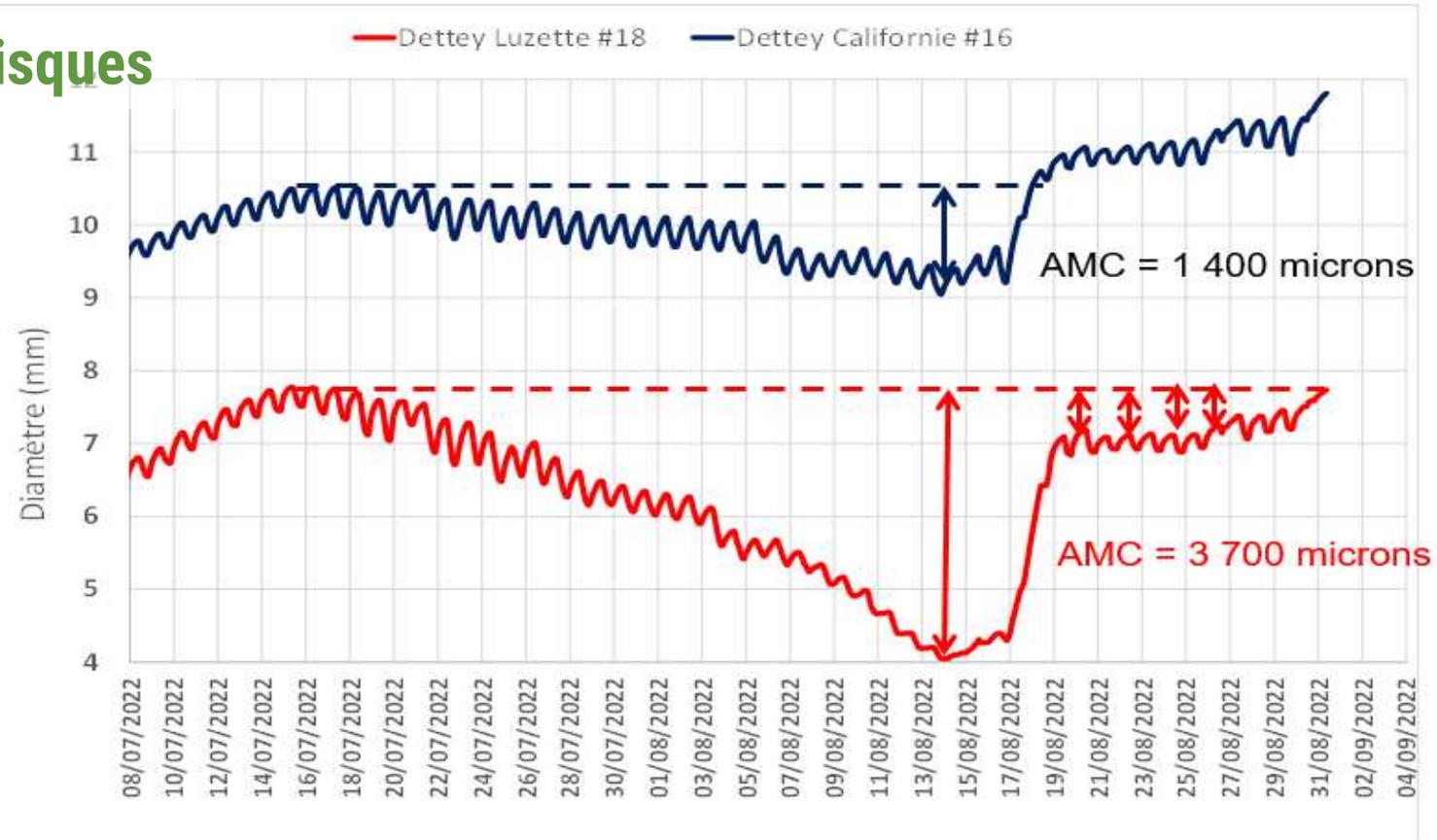
## Tâche 2 - Evaluation et analyse des risques

### Contraintes climatiques

### Mesures écophysiological fines

### Systèmes e-PépiPIAF

Cette récupération n'est pas totale pour la variété Luzette à Dettey, alors que la variété Californie semble plus résiliente avec une croissance cambiale qui semble même repartir fin août après ces pluies d'orage.



On observe une diminution chaque jour du diamètre des 2 arbres (Luzette #18 et Californie #16). Les réserves hydriques de l'écorce ne se reconstituent pas d'un jour sur l'autre et l'amplitude maximale de contraction augmente de jour en jour pour atteindre un niveau extrême de 1 400 microns pour Californie #16 et 3 400 microns pour le Luzette #18. Ce dernier arbre ne récupère pas la totalité des réserves hydrique perdues après les pluies d'orage (flèches rouges). Ce comportement est un indicateur de dommages cellulaires sur les tissus de l'écorce.



## Tâche 2 - Evaluation et analyse des risques

### Contraintes climatiques

#### Mesures écophysiological fines

#### Systèmes e-PépiPIAF

##### Déficit hydrique

La sécheresse du sol est le premier facteur limitant de la croissance du douglas, surtout au printemps et en été, elle produit deux effets :

- elle dégrade la conductivité hydrique des arbres par embolie gazeuse dans les vaisseaux conducteurs de la sève brute, provoquant le dessèchement des organes vivants, d'abord au niveau des aiguilles, puis, si le phénomène s'aggrave, à celui des branches, voire de l'arbre entier ;
- elle induit une fermeture des stomates, elle limite l'entrée de CO<sub>2</sub> dans les feuilles, affectant directement leur photosynthèse, et in fine réduisant leur croissance



## Tâche 3 - Adapter et renouveler les peuplements pour favoriser la résilience

### Les outils de diagnostic

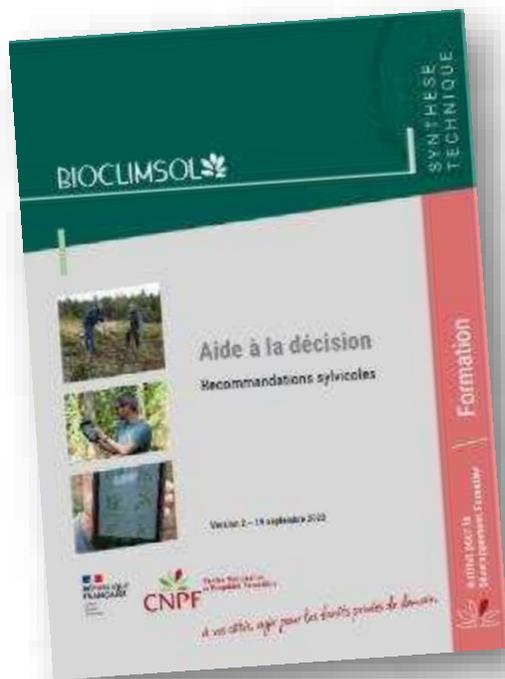
- ✓ BioClimSol
- ✓ Méthode ARCHI



## Tâche 3 - Adapter et renouveler les peuplements pour favoriser la résilience

### BioClimSol.

*BioClimSol est un outil de diagnostic à l'échelle de la parcelle en version application mobile, développé aussi en version Cartographique et Recherche.*



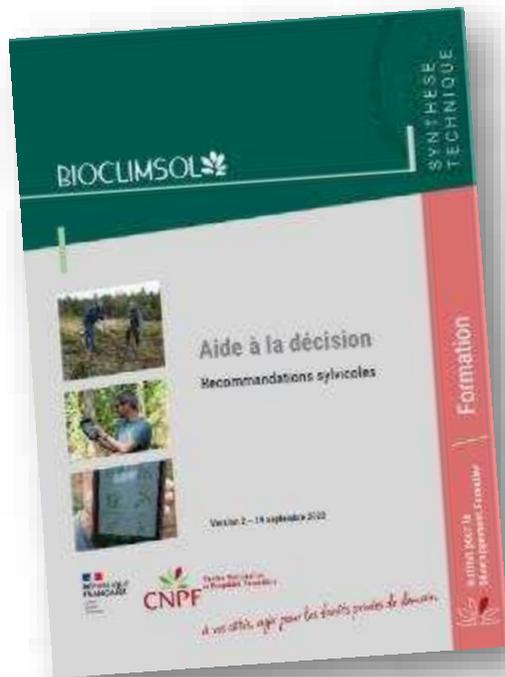
## Tâche 3 - Adapter et renouveler les peuplements pour favoriser la résilience

**BioClimSol.** BIOCLIMSOL 



### OUTIL = AIDE À LA DÉCISION

- Aide au diagnostic du potentiel d'une station, **au regard du risque de dépérissement** d'un **peuplement** (mais aussi de la fertilité pour certaines essences), dans un contexte de **climat présent ou futur**.
- Aide au classement, en terme de risque, d'essences possibles en **reboisement**, en tenant compte de modèles climatiques changeants.
- Sur le terrain **au niveau de la parcelle**.



# Tâche 3 - Adapter et renouveler les peuplements pour favoriser la résilience



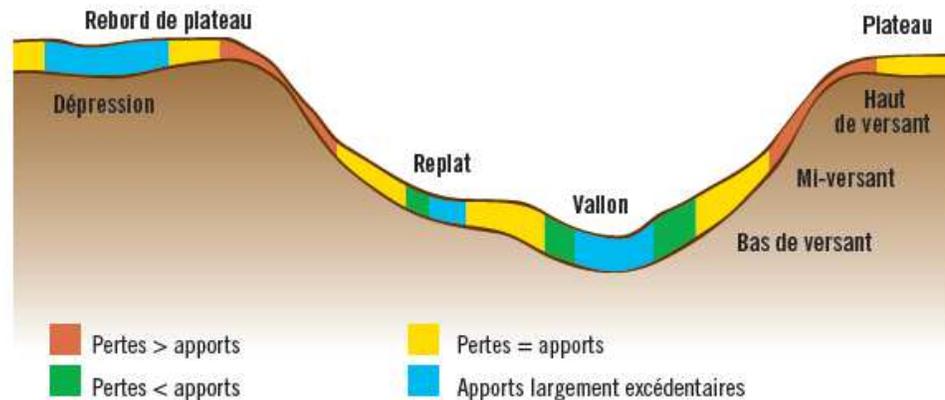
## BioClimSol.



Données climatiques

Base de données autécologie des essences

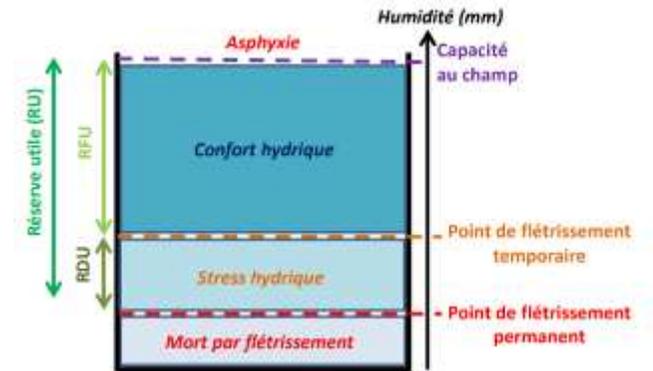
Données topographiques



La topographie influence les apports ou départs d'eau

## Données pédologiques

- Humus
- Texture
- % élément grossier
- Effervescence
- Hydromorphie
- Réservoir Utile

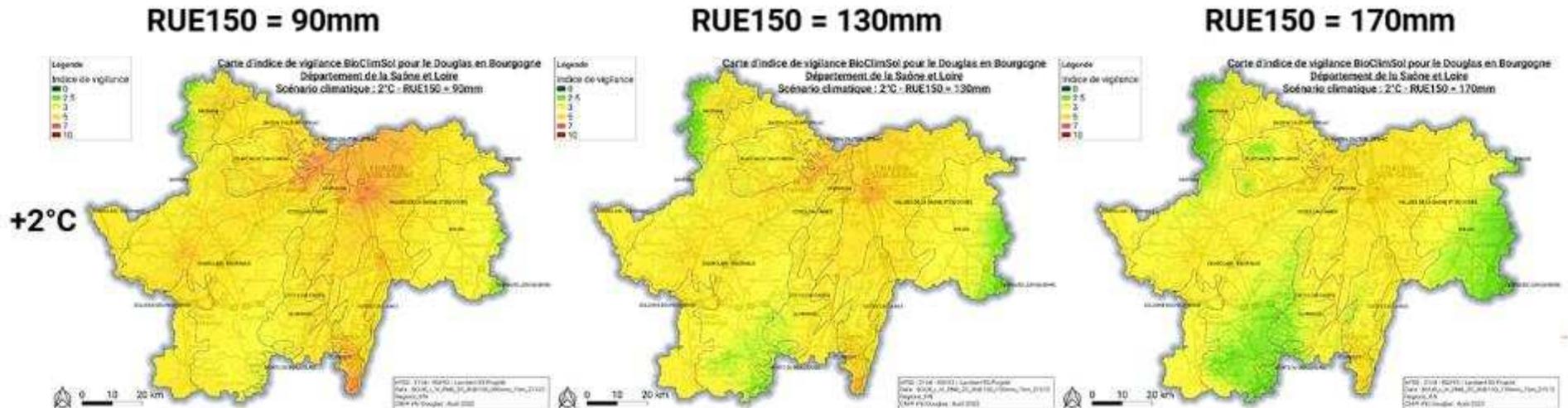


# Tâche 3 - Adapter et renouveler les peuplements pour favoriser la résilience

BioClimSol.



	Essences avec IBS		
	Actuel	+1°C	+2°C
Châtaignier (montagne continentale)	2	3	5
Chêne pubescent	3	3	4
Douglas vert	3	4	5
Chêne sessile	3	4	5
Hêtre commun	4	5	6



## Tâche 3 - Adapter et renouveler les peuplements pour favoriser la résilience

- **Situation favorable pour le douglas**

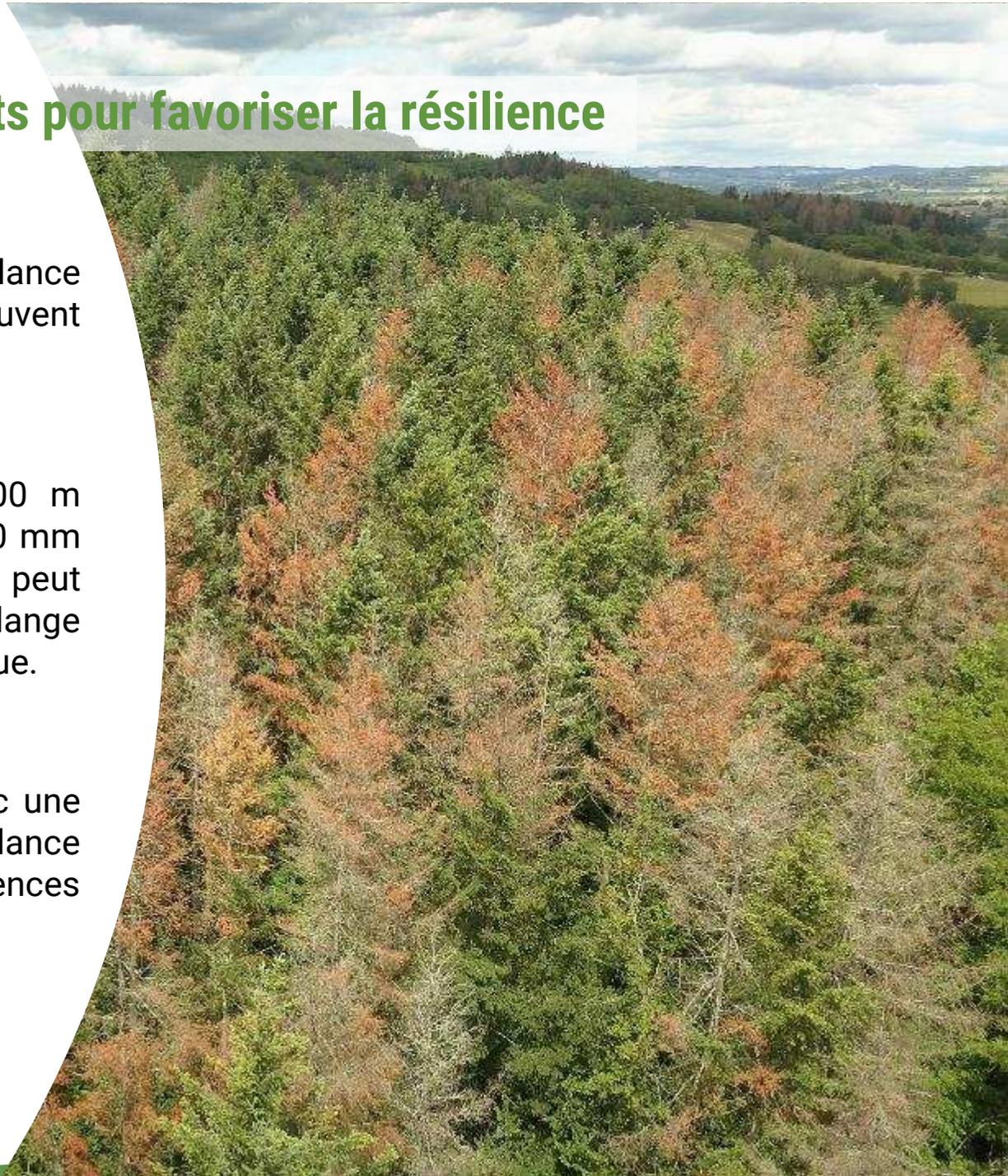
Situation d'altitude supérieure à 600 m avec un indice de vigilance BioClimSol de 1 à 3. Les différentes sylvicultures du douglas peuvent être envisagées.

- **Situation limite pour le douglas**

Situation de plateau et de colline comprise entre 400 et 600 m d'altitude, avec une réserve utile en eau du sol comprise entre 90 mm et 150 mm et un indice de vigilance BioClimSol de 4. Le douglas peut éventuellement être envisagé, à condition de l'introduire en mélange avec d'autres essences réputées plus résistantes au stress hydrique.

- **Situation défavorable au douglas**

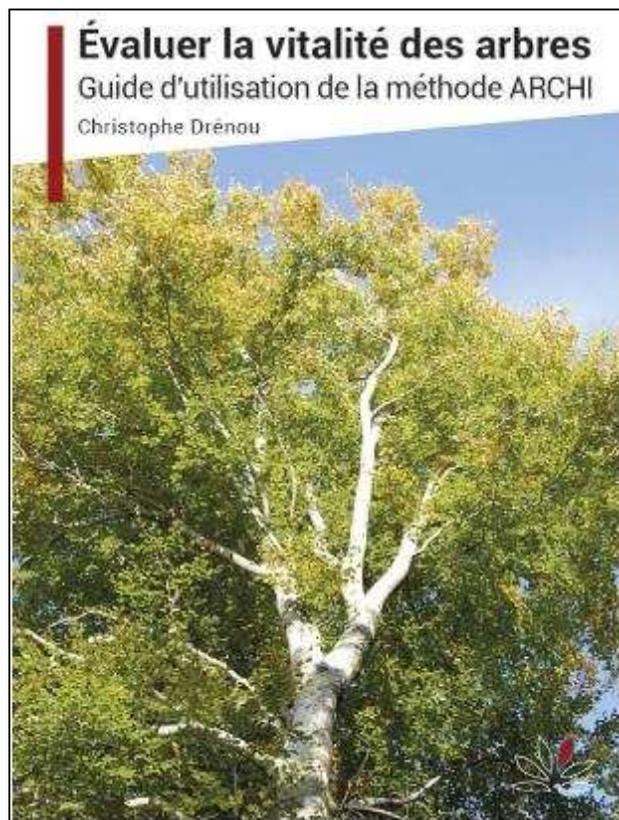
Situation de plaine et plateau d'altitude inférieure à 400 m, avec une réserve utile en eau du sol inférieure à 150 mm et un indice de vigilance BioClimSol de 5 et plus. Le douglas n'est plus adapté et des essences de substitution doivent être envisagées.



# Tâche 3 - Adapter et renouveler les peuplements pour favoriser la résilience

## ✓ Diagnostic sanitaire

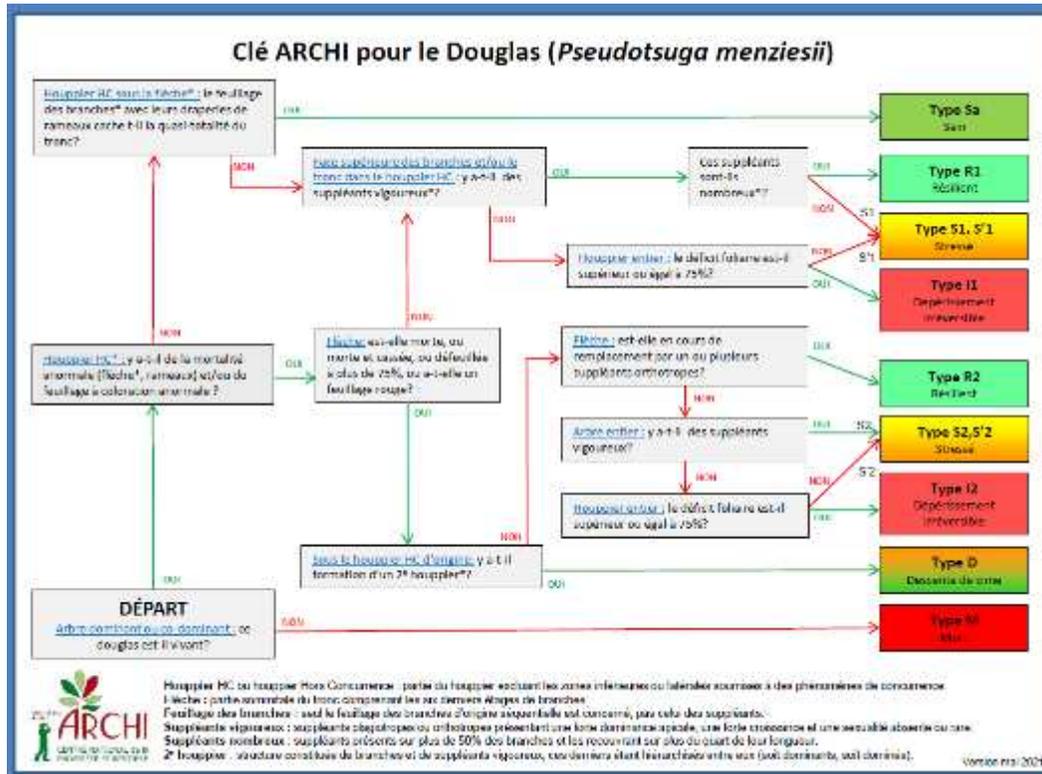
### Méthode ARCHI



# Tâche 3 - Adapter et renouveler les peuplements pour favoriser la résilience

## ✓ Diagnostic sanitaire

### Méthode ARCHI



## Tâche 3 - Adapter et renouveler les peuplements pour favoriser la résilience

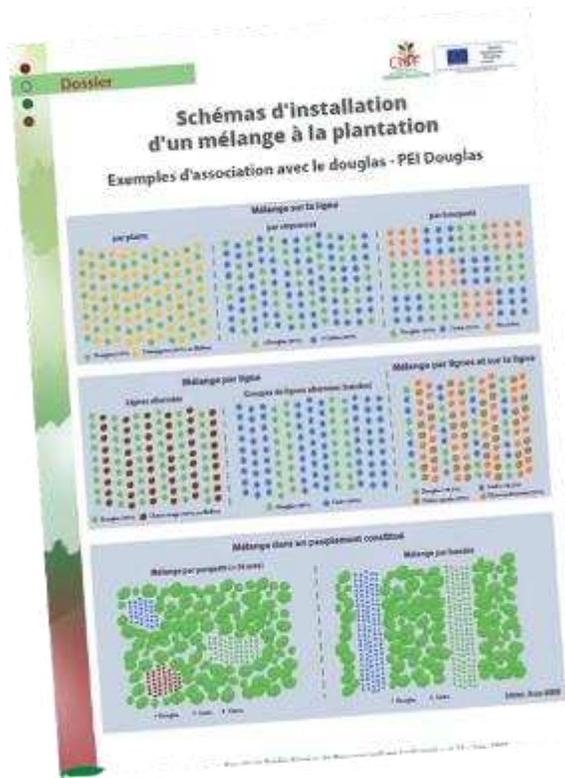
### Adaptations des pratiques

- ✓ Plantation mélangée
- ✓ Mélange des provenances
- ✓ Régénération naturelle
- ✓ Futaie régulière en cycle long
- ✓ Traitement d'irrégularisation

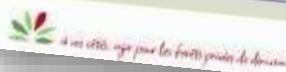


# Tâche 3 - Adapter et renouveler les peuplements pour favoriser la résilience

## ✓ Mise en place de 20 plantations mélangées



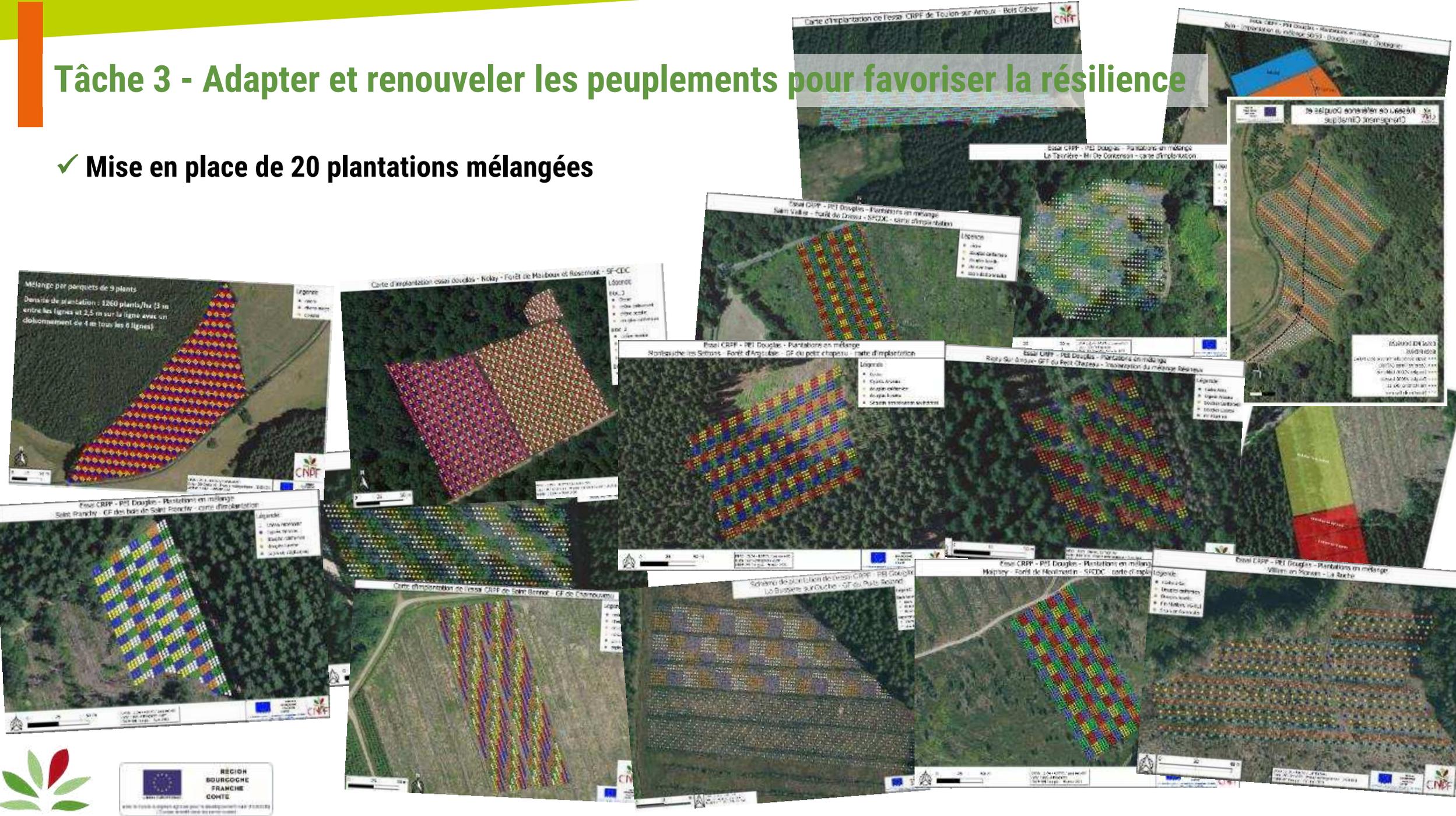
- 29 000 plants,
- 22 Hectares plantés,
- 15 Essences forestières différentes,
- 14 Gestionnaires forestiers,
- 10 Schémas de plantations en mélange,
- 6 Reboiseurs (ETF),
- 5 Pépiniéristes sollicités,



bourgognefranche.comte.cnpf.fr

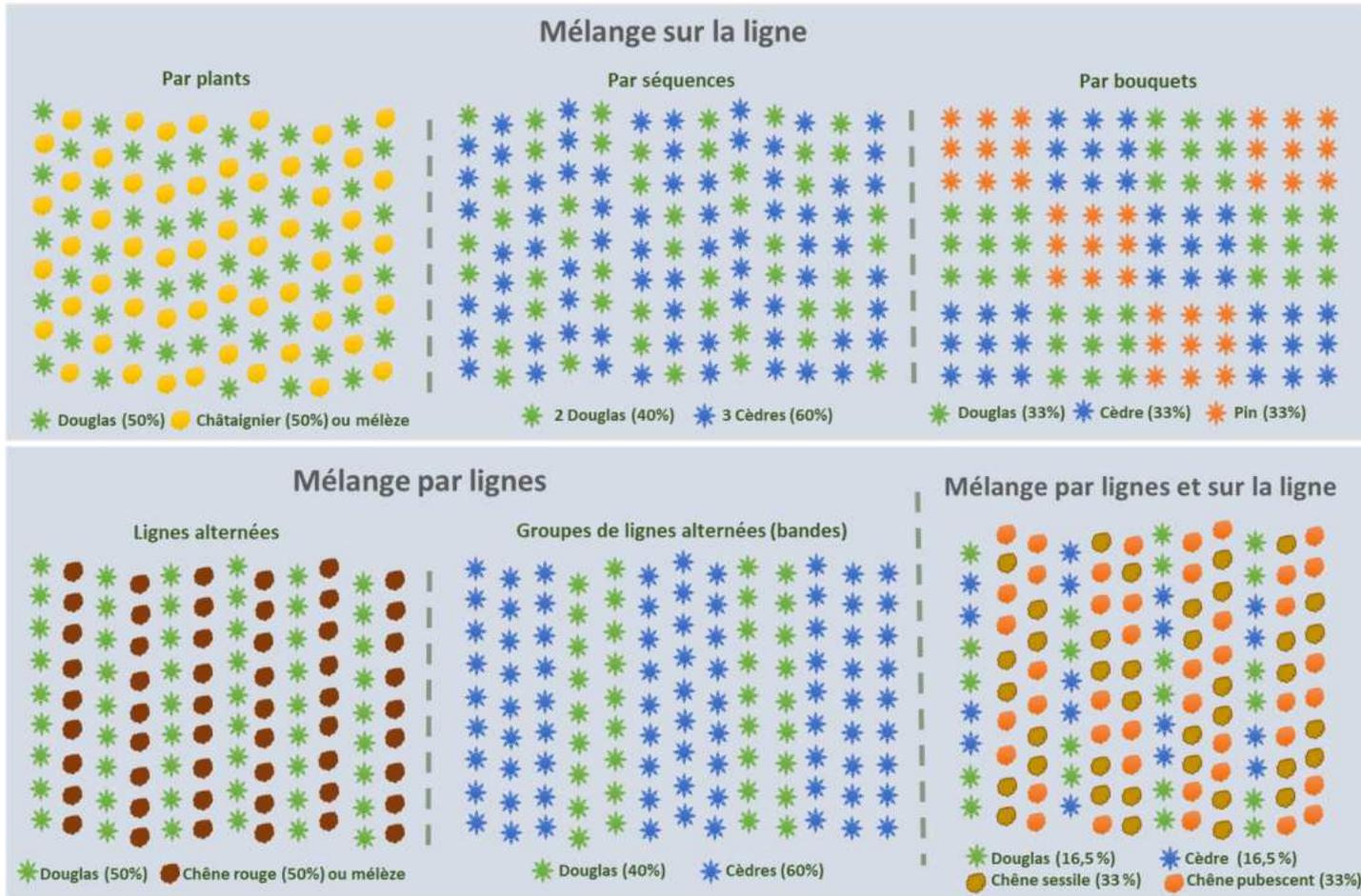
# Tâche 3 - Adapter et renouveler les peuplements pour favoriser la résilience

✓ Mise en place de 20 plantations mélangées



# Tâche 3 - Adapter et renouveler les peuplements pour favoriser la résilience

## ✓ Mise en place de plantations mélangées



# Tâche 3 - Adapter et renouveler les peuplements pour favoriser la résilience

## ✓ Mise en place de plantations mélangées

Communes	Nombre de variétés	Schéma de mélange	Difficultés observées en comparaison d'une plantation monospécifique				
			+ faible à nulle ++ modérée +++ importante				
			Piquetage (importance, temps, code couleur)	Explication et respect des consignes (compréhension, lecture de plans)	Organisation du chantier (distribution des plants, retour de ligne)	Mise en place des plants (organisation des planteurs, rendement)	Surcoût lié au mélange
Toulon-sur-Arroux (71)	5	Par séquences de 5 plants avec deux essences par lignes et lignes alternées (sapin/cèdre et douglas/pin)	++	+	++	+	+
La-Bussière-sur-Doubs (21)	2	Par séquence sur la ligne et par lignes alternées (1 douglas, 2 cédres)	+++	+	+	+	+
Nolay (58)	4	Par séquence sur la ligne et par lignes alternées (sur deux lignes : 2 ch sessile, 2 noisetier, sur une troisième ligne 2 douglas, 2 pins)	++	+	+	++	++
St Bonnot (58)	6	Par séquences de plants sur la ligne (6 plants de chêne, 6 pins, 6 cédres, 6 douglas, 3 sapins, 3 noisetiers)	+++	+++	+++	++	++
Arléuf (58)	3	Par bandes de 4 lignes alternées (4 lignes séquoia toujours vert, 4 lignes séquoia blanc)	+	+	+	+	+
Nolay (58)	4	Par séquence sur la ligne et par lignes alternées (sur deux lignes : 2 ch sessile, 2 ch pubescent, sur une troisième ligne 2 douglas, 2	++	+	+	++	++
Sally (71)	2	Par lignes alternées (2 lignes douglas 1 ligne robinier)	+	+	+	+	+
Chevagne-sur-Guy (71)	5	Par bandes de 2 lignes alternées (2 lignes sapin/2 lignes cèdre/2 lignes douglas (1 ligne luzerne et 1 ligne californie)/2 lignes pin)	++	+	++	+	++
La Grande-Verrière (71)	5	Par bouquets alternés de 9 plants (3 plants consécutifs sur 3 lignes pour une même essence)	++	+	+++	++	+
Gueugnon (71)	5	Par bouquets alternés de 9 plants (3 plants consécutifs sur 3 lignes pour une même essence)	++	+	++	++	++
St Bonnet-de-Joux (71)	3	Par bouquets alternés de 9 plants avec cloisonnement de 4 m	++	+	++	++	++
Montauche-les-Settons (58)	5	Par bouquets alternés de 9 plants avec deux essences par bande de 3 lignes (cyprés/cèdre et douglas/sequoias)	++	++	++	+	+
St-Françoy (58)	5	Par bouquets alternés de 9 plants (3 plants consécutifs sur 3 lignes pour une même essence)	++	+++	++	++	++
La Tagnière (71)	5	Par bouquets alternés de 15 plants (5 plants consécutifs sur 3 lignes pour une même essence)	+++	+	+++	++	++
St-Vallier (71)	5	Par bouquets alternés de 9 plants avec deux essences par bande de 3 lignes (sapin/cèdre et douglas/pin)	++	+	++	+	++
La-Bussière-sur-Doubs (21)	3	Par bouquets alternés de 25 plants (5 plants consécutifs sur 5 lignes pour une même essence)	++	+	++	+	+
Villiers-en-Marvan (21)	5	Par bouquets alternés de 9 plants avec deux essences par bande de 3 lignes (sapin/cèdre et douglas/pin)	++	+	+	+	+
Molphey (21)	5	Par bouquets alternés de 9 plants avec deux essences par bande de 3 lignes (sapin/cèdre et douglas/pin)	++	+	++	+	++
Sain (71)	2	Par séquences sur la ligne Par ligne alternée	+++	++	++	++	++
Gueugnon (71)	5	Par parquets de 25 ares	+++	+	+	+	+



# Tâche 3 - Adapter et renouveler les peuplements pour favoriser la résilience

## ✓ Mise en place de plantations mélangées

### Recommandations

- Réaliser un **mélange d'essences** avec des espèces plus résistantes à la sécheresse que le douglas
- Réaliser un **diagnostic stationnel et climatique** pour définir le choix des essences à introduire et à associer au douglas
- Pour **définir le schéma d'installation du mélange**, Il est indispensable de **connaître les caractéristiques de croissance** des différentes essences, pour que le mélange choisi aboutisse à une complémentarité optimale.
- Plus les essences associées ont une **dynamique de croissance proche** (à l'état juvénile puis lors de la phase de croissance) et une compétition interspécifique faible, plus le **mélange peut être intime** (par plants ou en ligne). A contrario, si les rythmes de croissance sont différents et si la **compétition entre les essences est élevée**, un **mélange par groupes de la même espèce** (placeaux de 9 à 25 plants, bandes...) doit être privilégié.
- Programmer des opérations de dépressage à bois perdu afin de garantir le maintien du mélange



# Tâche 3 - Adapter et renouveler les peuplements pour favoriser la résilience

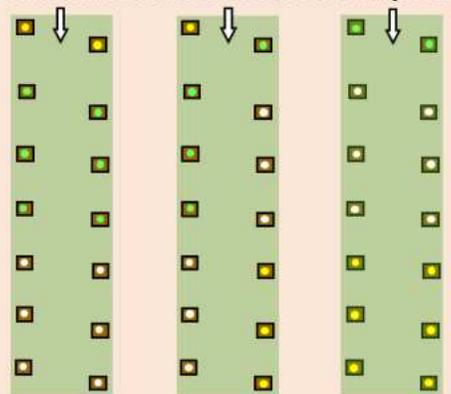
## ✓ Mise en place de plantations mélangées

### Recommandations

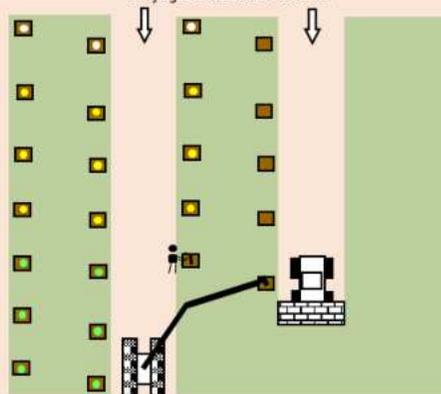
- Préparation du terrain par potets travaillés
- Plantation dans le recru

- Broyage d'une bande de 2 m de large tous les 6 m d'axe en axe (33% de la surface)
- Réalisation de potets de 1 m<sup>2</sup> effectués à 50 cm du bord dans la bande non broyée
- Densité de plantation et essences à définir en fonction de la présence ou non de semis naturels

Conservation d'une bande de 4 m de recru ou branchage au sol



Broyage d'une bande de 2 m



■ Potet travaillés  
■ Douglas    ■ Cèdre    ■ Pin maritime

Potets travaillés réalisés à la mini pelle (cultiforet) et installés à 50 cm du bord dans la bande non broyée



## Tâche 3 - Adapter et renouveler les peuplements pour favoriser la résilience

### ✓ Expérimentation de nouvelles variétés de douglas

Performances des différentes variétés de douglas actuellement commercialisées dans les 6 dispositifs expérimentaux installés en Bourgogne.

La variété Californie-VG est-elle mieux adaptée aux changements climatiques que les autres ?



# Tâche 3 - Adapter et renouveler les peuplements pour favoriser la résilience

## ✓ Expérimentation de nouvelles variétés de douglas



### Comportement de la variété Californie-VG en Bourgogne Bilan des 6 essais du réseau national CNPF-ONF-INRAe

	Autun (71)	Seaulieu (21)	Semelay (58)	Pressy (71)	Dettey (71)	Sully (71)
<b>Atitude</b>	588 m	565 m	313 m	346 m	431 m	504 m
<b>Topographie</b>	Milieu de versant	Plateau	Milieu de versant	Haut de versant	Haut de versant	Milieu de versant
<b>Exposition</b>	NNW		E	SSW	SW & SE	
<b>Pente</b>	23%	1%	12%	15%	15% et 25 %	1%
<b>Pluvio annuelle *</b>	1 100 mm	1 059 mm	955 mm	928 mm	945 mm	912 mm
<b>Pluvio avril/oct *</b>	586 mm	584 mm	562 mm	563 mm	546 mm	516 mm
<b>Réservoir en eau utile *</b>	106 mm	88 mm	148 mm	47 mm	55 mm	93 mm
<b>pH</b>	5.2	4.7	4.8	4.5	4.5	5.4
<b>Roche mère</b>	granite	granite	granite	granite	granite	schistes
<b>IBS (actuel/+1°C/+2°C)*</b>	<b>2/3/4</b>	<b>2/3/4</b>	<b>3/4/5</b>	<b>3/4/5</b>	<b>3/4/5</b>	<b>3/4/5</b>
<b>Hdom (12 ans)</b>	<b>11.2</b>	nd	<b>10.1 m</b>	<b>8.7 m</b>	<b>9.7 m</b>	nd
<b>Classe de fertilité</b>	1	nd	1	2	2	nd

### Localisation des 6 dispositifs analysés

(Source : GoogleMap)



# Tâche 3 - Adapter et renouveler les peuplements pour favoriser la résilience

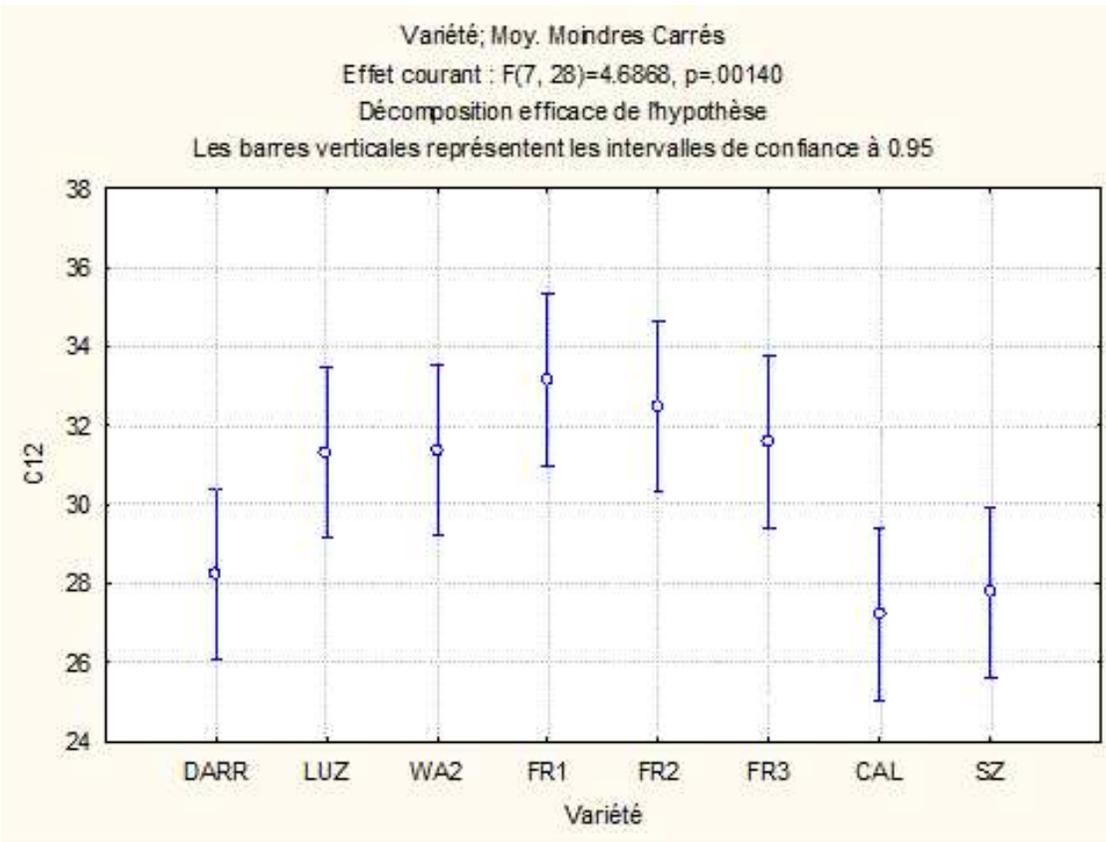
## ✓ Expérimentation de nouvelles variétés de douglas

	Autun (71)	Saulieu (21)	Semelay (58)	Pressy (71)	Detthey (71)		Sully (71)
					SW	SE	
Nombre initial de plants par variété	60	192	96	60	24	36	168
Taux de reprise sur l'ensemble du dispositif :	90%	98%	98%	91%	100%	100%	90%
Effet du facteur "Variété" sur le taux de reprise	na	NS	NS	na	NS	NS	NS
Taux de reprise LUZ :	100%	100%	98%	80%	96%	100%	95% (LUZv1)
Taux de reprise CAL :	97%	96%	99%	95%	100%	100%	85%
Taux de reprise DARR :	87%	96%	96%	80%	100%	100%	
Taux de reprise FR1 :	85%	99%	99%	93%	100%	100%	
Taux de reprise FR2 :	93%	99%	97%	88%	100%	100%	
Taux de reprise FR3 :	97%	99%	99%	97%	100%	100%	
Taux de reprise WA :		97%	99%				
Taux de reprise WA2 :	90%	99%	97%	100%	100%	97%	
Taux de reprise SZ 403 :	75%	97%	98%	95%	100%	100%	
<b>Mortalité sur l'ensemble du dispositif à 8 ans* :</b>	<b>88%</b>	<b>89%</b>	<b>97%</b>	<b>84%</b>	<b>96%</b>	<b>88%</b>	<b>84%</b>
<i>*à 9 ans pour Autun</i>							
Effet du facteur "Variété" sur le taux de survie à 8 ans	na	NS	NS	na	NS	*	NS
Taux de survie à 8 ans LUZ :	100%	96%	98%	75%	96%	81%	90% (LUZ v1)
Taux de survie à 8 ans CAL :	93%	78%	93%	82%	93%	91%	77%
Taux de survie à 8 ans DARR :	83%	88%	95%	70%	100%	84%	
Taux de survie à 8 ans FR1 :	83%	95%	100%	87%	93%	97%	
Taux de survie à 8 ans FR2 :	92%	89%	97%	83%	100%	100%	
Taux de survie à 8 ans FR3 :	93%	92%	98%	90%	93%	78%	
Taux de survie à 8 ans WA :		92%	99%				
Taux de survie à 8 ans WA2 :	88%	92%	96%	88%	96%	78%	
Taux de survie à 8 ans SZ 403 :	73%	93%	93%	95%	100%	97%	
<b>Mortalité sur l'ensemble du dispositif à 12 ans :</b>	<b>88%</b>		<b>96%</b>	<b>79%</b>	<b>95%</b>	<b>74%</b>	
Effet du facteur "Variété" sur le taux de survie à 12 ans	na		NS	na	NS	*	
Taux de survie à 12 ans LUZ :	100%		97%	64%	93%	59%	
Taux de survie à 12 ans CAL :	93%		94%	75%	89%	84%	
Taux de survie à 12 ans DARR :	83%		94%	62%	96%	66%	
Taux de survie à 12 ans FR1 :	83%		100%	83%	89%	75%	
Taux de survie à 12 ans FR2 :	92%		97%	77%	100%	87%	
Taux de survie à 12 ans FR3 :	93%		98%	88%	93%	62%	
Taux de survie à 12 ans WA :			98%				
Taux de survie à 12 ans WA2 :	88%		96%	85%	96%	72%	
Taux de survie à 12 ans SZ 403 :	73%		93%	93%	100%	84%	
(*), **, *** : effet statistique significatif au seuil de 10%, 5%, 1% ou 1%							
na : non analysable, NS : pas d'effet statistique							



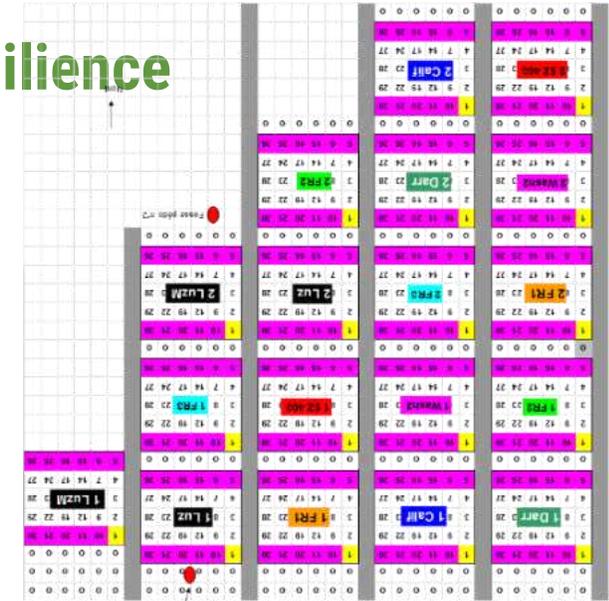
# Tâche 3 - Adapter et renouveler les peuplements pour favoriser la résilience

## ✓ Expérimentation de nouvelles variétés de douglas



La croissance en hauteur de la variété Californie-VG, présumée mieux adaptée à des conditions plus chaudes et sèches que celles du cœur de l'aire du douglas, se distingue de celle des autres variétés actuellement commercialisées.

Elle est nettement plus faible dans les secteurs les plus favorables au douglas. Toutefois, le différentiel se réduit fortement lorsque l'environnement est plus chaud et sec comme en marge 1. Dans ce genre de contexte, cette variété peut être intéressante en diversification. Il faut néanmoins s'assurer qu'elle ne présente pas de sensibilité particulière.



## Tâche 3 - Adapter et renouveler les peuplements pour favoriser la résilience

### ✓ Recommandations pour une sylviculture résiliente

#### Reboisement = Diagnostic préalable et mélange

- Réaliser un **diagnostic stationnel et climatique** pour le choix des essences à introduire
- Réaliser un **mélange d'essences** avec des espèces plus résistantes à la sécheresse
- Conserver le plus possible **l'ambiance forestière et le recrû** au moment de la plantation
- Favoriser les **mélanges de provenances** de douglas, dont les plus méridionales comme les provenances californiennes. Diversifier le choix des provenances permet d'assurer une diversité génétique aux plantations
- Eviter le broyage en plein et la mise en andains des rémanents dans les stations à risques et préférer la **conservation des branchages au sol**
- **Travailler le sol de manière localisée** (potets travaillés) pour faciliter l'implantation des plants sans dégrader les sols.



## Tâche 3 - Adapter et renouveler les peuplements pour favoriser la résilience

### ✓ Recommandations pour une sylviculture résiliente

#### Favoriser le renouvellement par régénération naturelle en futaie régulière ou en conversion vers la futaie irrégulière

Dans un contexte d'évolution climatique aux multiples inconnues, ce mode de renouvellement lent et progressif est moins exposé aux impacts climatiques, en raison d'un couvert protecteur et de l'absence de transplantation, puisque les graines germent sur place.

- Le prérequis pour assurer le renouvellement naturel d'un **peuplement de douglas de qualité et âgé d'au moins 50 ans** est d'apporter de la lumière au sol au moyen d'éclaircie régulière, afin d'obtenir les premiers semis sans développer trop la ronce.
- **La plantation peut être associée à la régénération**, notamment en complément dans des régénérations discontinues. La plantation permettra une diversification des origines et l'introduction d'autres essences plus résistantes aux changements climatiques

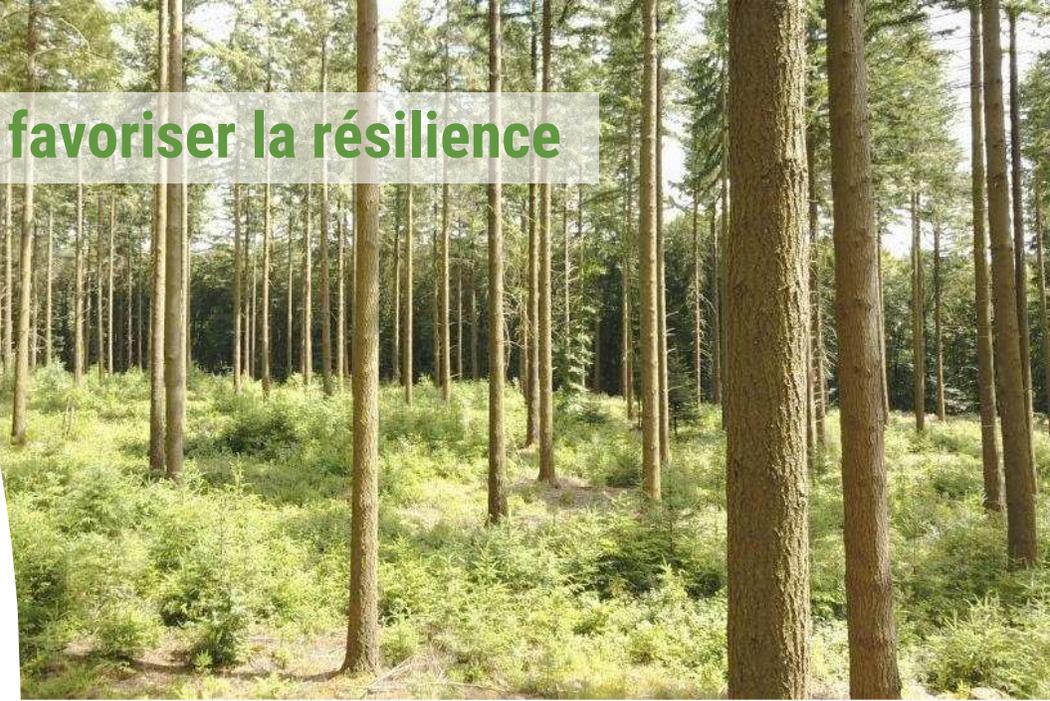


## Tâche 3 - Adapter et renouveler les peuplements pour favoriser la résilience

### ✓ Recommandations pour une sylviculture résiliente

#### Favoriser le renouvellement par régénération naturelle en futaie régulière ou en conversion vers la futaie irrégulière

- La présence parfois importante de végétation telle que la ronce, ou bien l'épaisseur de matière organique peut contraindre la germination des graines; un travail du sol au moyen d'outil spécifique permettra de rendre le sol plus réceptif le cas échéant. La maturité et la dissémination des graines depuis la cime des arbres ayant lieu à partir de septembre/octobre, **les interventions seront réalisées de préférence en fin d'été.**
- En condition de régénération naturelle, **l'exploitation devra être maîtrisée** et soigneusement effectuée
- Après acquisition et développement de la régénération, **les travaux** de dépressage, détourage seront adaptés selon l'itinéraire et le stade de développement de la régénération



## Tâche 3 - Adapter et renouveler les peuplements pour favoriser la résilience

### ✓ Recommandations pour une sylviculture résiliente

#### Allonger le cycle de production d'une futaie régulière après 50 ans

- **Raccourcir la rotation des coupes** afin d'intervenir plus fréquemment, en coupe sanitaire notamment, et en prélevant un plus faible volume afin de perturber le moins possible le peuplement. La fréquence des éclaircies peut-être tous les quatre à cinq ans, avec un prélèvement de 15 % à 20 % du volume sur pied.
- **Eclaircir par le haut** en prélevant des gros bois matures, les plus consommateurs d'eau.
- En cas de fort capital sur pied (volume de bois), **diminuer ce capital** par des rotations de coupe plus rapprochées.
- **Repérer les arbres peu vigoureux** pour parfois les exploiter, et ceux plus résilients qui devront être favorisés (méthode ARCHI)
- **Favoriser la régénération** lorsqu'elle provient d'arbres dominants de qualité et adaptés à leur environnement, eux-mêmes issus de plusieurs décennies de sélection par la station et par les derniers accidents climatiques
- Prévoir des **enrichissements par bouquets**, à l'aide d'essences ou de variétés plus résistantes aux sécheresses et aux fortes chaleurs



Futaie dense (45 m<sup>2</sup>/ha)



Futaie claire (25 m<sup>2</sup>/ha)

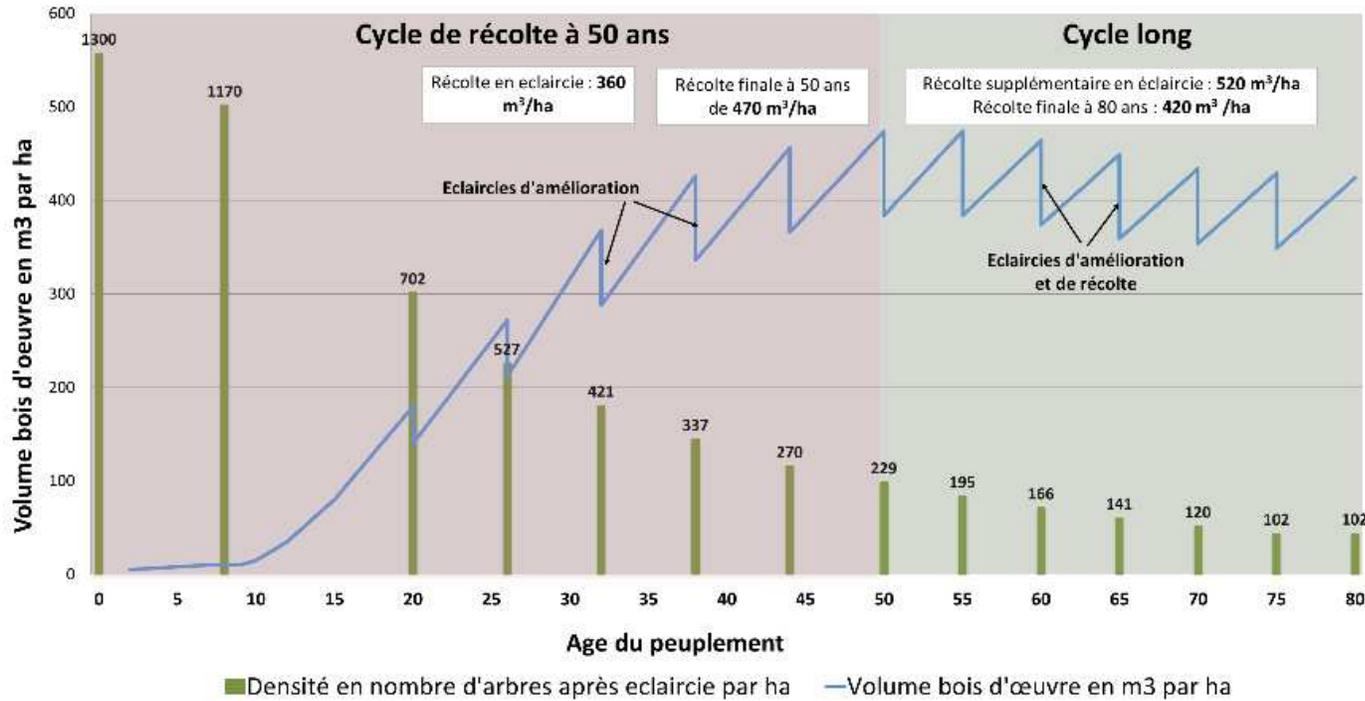


# Tâche 3 - Adapter et renouveler les peuplements pour favoriser la résilience

## ✓ Recommandations pour une sylviculture résiliente

Allonger le cycle de production d'une futaie régulière après 50 ans

Simulation de la production d'un peuplement de douglas



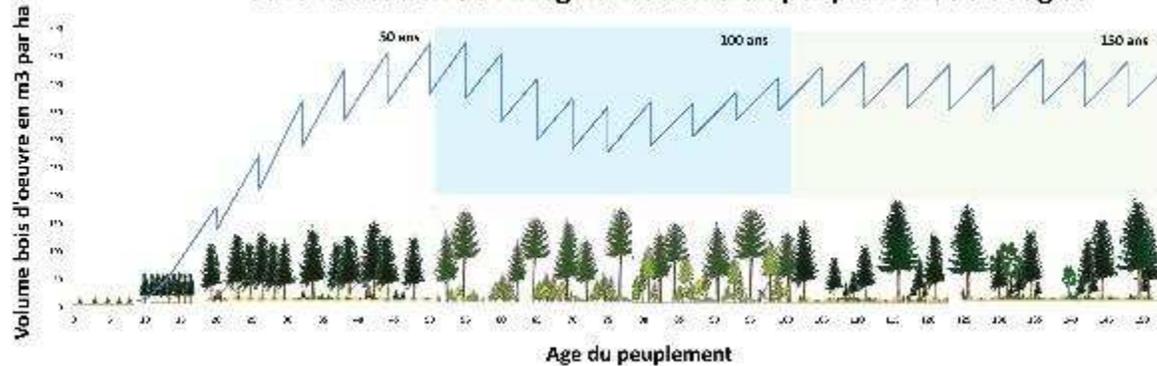
# Tâche 3 - Adapter et renouveler les peuplements pour favoriser la résilience

## ✓ Recommandations pour une sylviculture résiliente

### Appliquer un traitement d'irrégularisation

- Réaliser des **éclaircies douces et fréquentes** et raccourcir les rotations si nécessaire ;
- **Favoriser les tiges résilientes ou saines** de qualité lors des éclaircies
- Chercher à obtenir progressivement une surface terrière comprise entre **20m<sup>2</sup> et 30m<sup>2</sup>** par hectare
- **Favoriser le mélange** d'essences via des travaux sylvicoles.
- **Introduire des essences plus résistantes** aux sécheresses et aux fortes chaleurs, par parquets ou nids.

Schematisation de l'irrégularisation d'un peuplement de douglas



# Outil de connaissances et de développement



# Outil de connaissances et de développement

<https://bourgognefranche-comte.cnpf.fr/nos-actions/recherche-et-developpement/douglas-et-changement-climatique-en-bourgogne>



### La régénération naturelle du douglas : L'inscrire dans un itinéraire sylvicole

Fiche n°2

Publié le 14/06/2022

Fiche technique - CNPF Bourgogne-Franche-Comté

**A l'heure où les plantements de douglas arrivent à maturité, la régénération naturelle offre des possibilités de renouvellement intéressantes, notamment dans un contexte de changement climatique.**

Sous réserve que le peuplement soit de bonne qualité et à condition d'en maîtriser la conduite et les coûts, une régénération complémentaire à la plantation et se basant sur des semences du territoire en plantation, les espèces d'hybrides et de cévades et la prise en compte des enjeux paysagers et environnementaux de part la conservation d'un couvert forestier continu.

Dans un contexte d'évolution climatique aux multiples incertitudes, ce mode de renouvellement lent et progressif est moins exposé aux impacts climatiques en raison d'un couvert protecteur et de l'absence de transplantation puisque les graines germent sur place.

Conduite en peuplement régulier ou en conversion vers un peuplement irrégulier, la plupart des peuplements ad hoc peuvent bénéficier d'un renouvellement par régénération naturelle.

Le renouvellement de peuplement irrégulier ou de douglas par régénération naturelle se supprime par la plantation à partir de plants sélectionnés ayant bénéficié des derniers progrès génétiques, afin d'obtenir une alternative et un complément intéressants. Certains douglas pourraient même justifier de la sélection complémentaire dans des régénérations diversifiées, diversifiant les origines génétiques, diversifiant des espèces de renouvellement en lien avec le climat futur.

[bourgognefranche-comte.cnpf.fr](https://bourgognefranche-comte.cnpf.fr)



### Gestion durable des sols et amélioration de la biodiversité : Des recommandations pour le douglas !

Fiche n°4

Publié le 14/06/2022

Fiche technique - CNPF Bourgogne-Franche-Comté

**Le sol assure de multiples fonctions vitales pour l'arbre, il assure le bon ancrage racinaire et c'est le lieu de l'absorption de l'eau et des nutriments par les racines qui protègent le sol. C'est aussi l'habitat de la symbiose avec les mycorhizes (champignons) et où vivent les décomposeurs de la matière organique. Le sol est donc un milieu vivant, et peut-être l'élément le plus vulnérable de la matière des écosystèmes forestiers pendant la période de plantation forestière.**

**La préservation voire l'amélioration de la fertilité des douglaises est l'une des composantes qui permettra à cette essence de résister et/ou s'adapter au changement climatique et aux risques sanitaires associés.**

Les plantements de douglas sont généralement développés sur des sols acides à faible fertilité minérale, où les ressources nutritives à disposition sont un peu faibles et où résistent le plus souvent à la croissance des douglaises.

L'écoulement de l'eau de la forêt des sols et de la structure du sol du douglas à faible fertilité minérale, ces conditions engendrent des effets directs sur l'arbre par l'absence de nutriments et de services écosystémiques de ces écosystèmes et des services associés.

En l'état actuel des connaissances et malgré les besoins de recherches supplémentaires, des pistes de recommandations peuvent être faites pour une gestion durable des sols sous douglaises.

**SOUS-STRATÈGE VERTE**  
EN COUVERTURE

- Éviter les travaux en forêt qui altèrent la fertilité des sols et la biodiversité en particulier, en particulier les travaux de débardage et de transport des bois.
- Éviter les travaux de débardage et de transport des bois qui altèrent la fertilité des sols et la biodiversité en particulier, en particulier les travaux de débardage et de transport des bois.
- Éviter les travaux de débardage et de transport des bois qui altèrent la fertilité des sols et la biodiversité en particulier, en particulier les travaux de débardage et de transport des bois.

[bourgognefranche-comte.cnpf.fr](https://bourgognefranche-comte.cnpf.fr)



### Le mélange du douglas à la plantation : Une assurance pour l'avenir !

Fiche n°5

Publié le 14/06/2022

Fiche technique - CNPF Bourgogne-Franche-Comté

**Les forêts de Bourgogne, et notamment celles de douglas, traversent depuis quelques années une période marquée à leur déclin. Il fait de plus en plus chaud et plus sec en été, ce qui a des impacts sur les peuplements, des dommages importants des sécheresses, parfois catastrophes. Les problèmes dénotent vont probablement s'accroître les prochains années, voire devenir insupportables rapidement d'ici quelques années dans la zone forêt, notamment au moment de la plantation.**

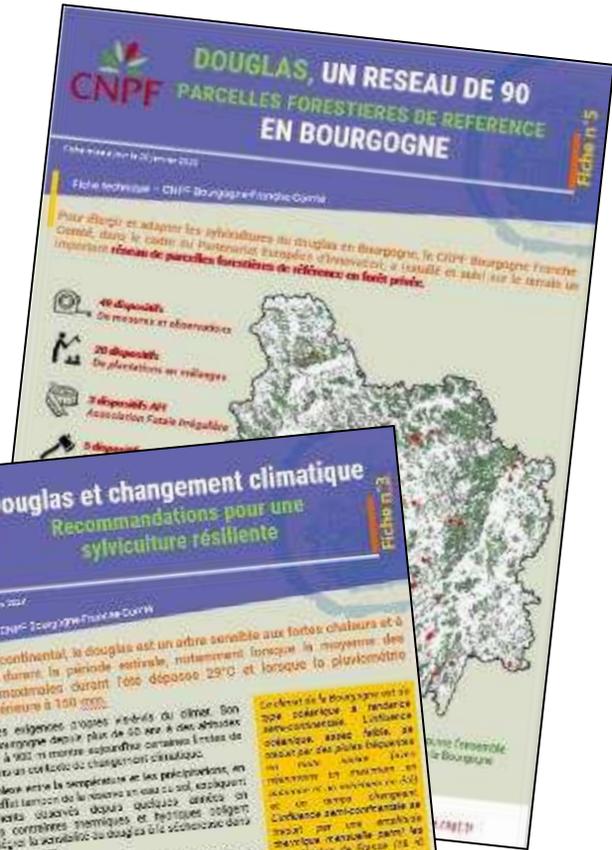
Un certain nombre d'essences semblent présenter une meilleure résilience que le douglas aux conditions climatiques que nous connaissons depuis quelques années. L'association à la plantation d'une ou plusieurs d'entre elles avec le douglas permettra, entre autres, de mieux répartir les risques en cas de défaillance de l'une ou l'autre, d'utiliser les ressources de manière complémentaire (complémentarité en eau, protection à différents niveaux dans le sol, ou encore de se protéger mutuellement un peu mieux face aux insectes, maladies, sécheresses).

L'installation d'un mélange à la plantation, avec l'éducation combinée de plusieurs essences, est donc une idée très intéressante. Mais la pratique même qui est parfois difficile à maintenir, l'installation et le suivi en comparaison à une plantation mono-essentielle qui génèrent quelques contraintes qu'il est nécessaire de bien anticiper.

Le choix des essences forestières nécessite un sérieux travail de dialogue avec l'exploitant. Un projet de plantation mélange, les essences choisies à associer au douglas doivent rester au climat local et être adaptées à un climat futur incertainement connu.

**Affecté par les sécheresses estivales et l'augmentation des températures maximales durant l'été, le douglas est un arbre sensible au changement climatique en dessous de 600 m d'altitude en Bourgogne.**

[bourgognefranche-comte.cnpf.fr](https://bourgognefranche-comte.cnpf.fr)



### DOUGLAS, UN RESEAU DE 90 PARCELLES FORESTIERES DE REFERENCE EN BOURGOGNE

Fiche n°5

Publié le 14/06/2022

Fiche technique - CNPF Bourgogne-Franche-Comté

**Pour évaluer et adapter les hybridations de douglas en Bourgogne, le CNPF Bourgogne-Franche-Comté, dans le cadre du Partenariat Européen d'Innovation, a constitué en 2018 sur le terrain un réseau de parcelles forestières de référence en forêt privée.**

- 40 dispositifs de mesures et observations
- 20 dispositifs de plantations en mélange
- 3 dispositifs AFN Association Forestière Régionale
- 5 dispositifs

**Douglas et changement climatique : Recommandations pour une sylviculture résiliente**

Fiche n°3

Publié le 14/06/2022

Fiche technique - CNPF Bourgogne-Franche-Comté

**En climat semi continental, le douglas est un arbre sensible aux fortes chaleurs et à la sécheresse durant la période estivale, notamment lorsque la moyenne des températures maximales durant l'été dépasse 29°C et lorsque la pluviométrie estivale est inférieure à 100 mm.**

Le douglas a des exigences rigides vis-à-vis du climat. Son introduction en Bourgogne depuis plus de 50 ans a été abrupte, venant de 500 m à 1000 m d'altitude, certains l'ont introduit dans des contextes d'adaptation au changement climatique.

La relation complexe entre la température et les précipitations, introduisant un effet tampon de la neige au sol, explique les succès ou échecs observés depuis quelques décennies en Bourgogne. Des contraintes thermiques et hydriques doivent être prises en compte à l'installation du douglas à l'échelle de la parcelle de plantation.

Adopter des réflexes de gestion adaptés à une sylviculture résiliente est désormais nécessaire avec comme objectif la diminution des risques pour le peuplement forestier et pour le propriétaire, tout en garantissant une production de bois d'œuvre de qualité.

**Les contraintes thermiques et hydriques de nos climats semi continentaux ont modifié les limites climatiques du douglas**

[bourgognefranche-comte.cnpf.fr](https://bourgognefranche-comte.cnpf.fr)

# Merci pour votre attention

- Bruno BORDE

<https://bourgognefranche-comte.cnpf.fr/nos-actions/recherche-et-developpement/douglas-et-changement-climatique-en-bourgogne>

