

Changement climatique, quel avenir pour le Douglas en Bourgogne ?

PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

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



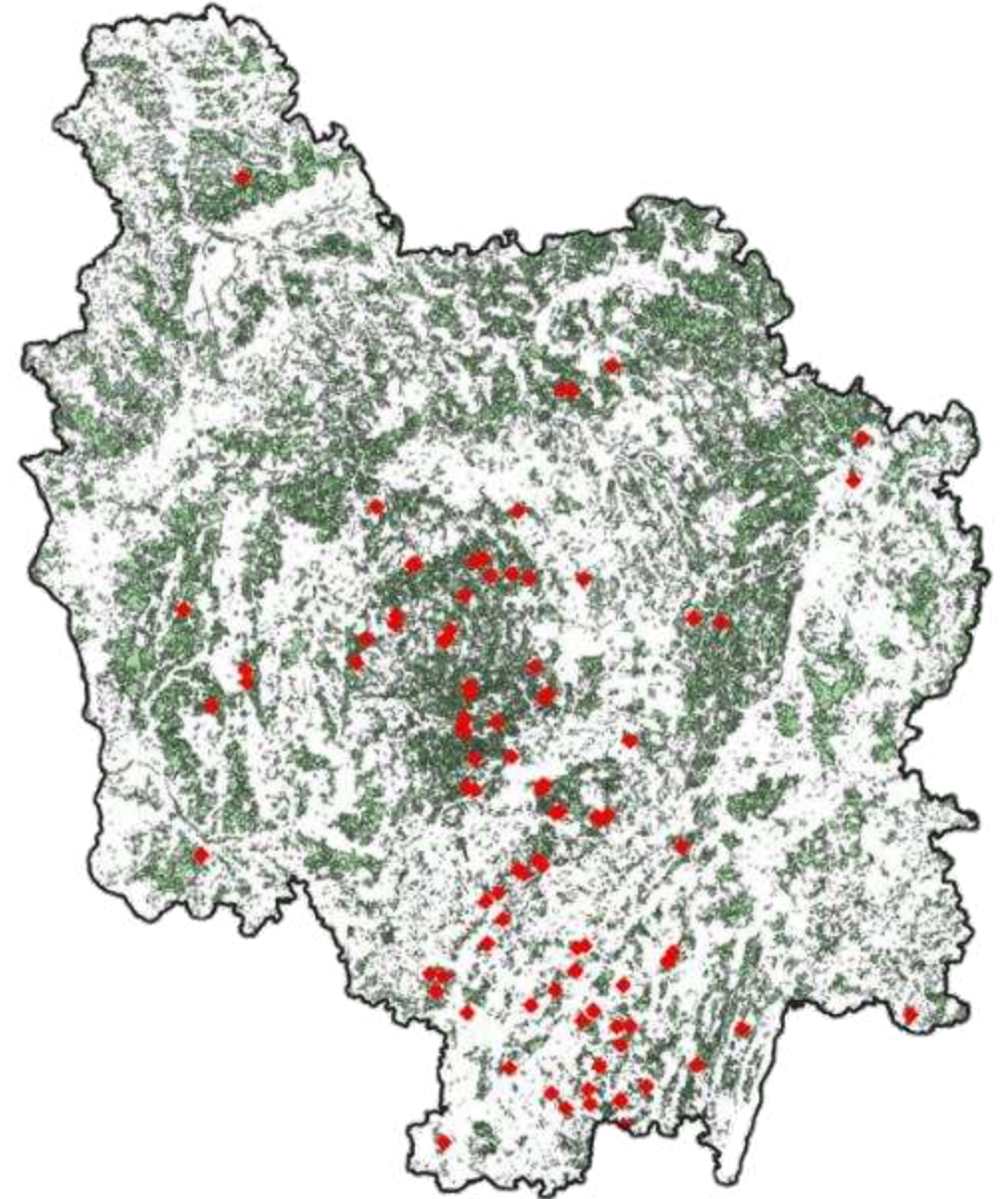
3 dispositifs AFI
Association Futaie Irrégulière



5 dispositifs
Marteloscope



6 dispositifs
Comparaison de provenances



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

Réseau de référence « Douglas et changement climatique »
Peuplement mélangé douglas et chêne sessile

Renseignements généraux - Localisation

Domaine de situation de la parcelle: St Maurice des Champs (73)
Coord. Géog. WGS 84: Longitude: 49.5115, Latitude: 4.6215
Parcelle Cad.: N° 33 partie 35-2254, N° P95: 3 ha, Surface: 3 ha, Sectionnaire: Cabard Goussier-Barbaleury, 90100 Ruffieu St-Jacques

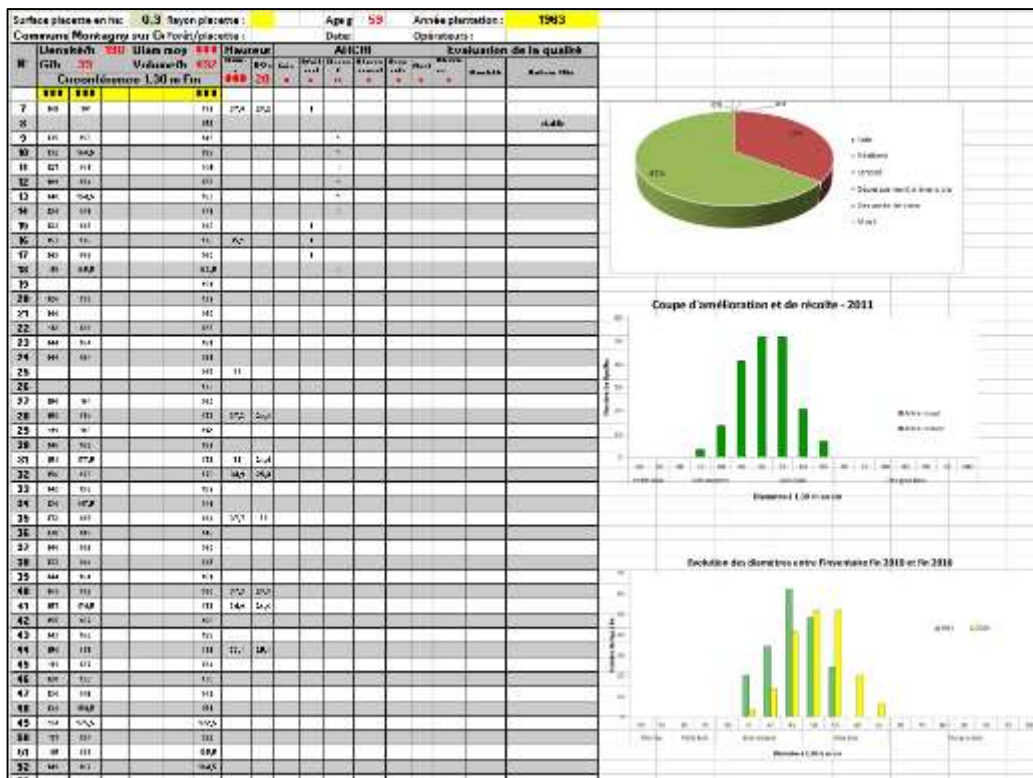
Classe de fertilité et objectifs du suivi

Sur 54 ha, peuplement mélangé composé de douglas de 1963 plantés en bandes de 20 à 25 mètres de largeur en orientation Nord-Sud dans un terrain sous futaie. Quelques chênes domestiques avaient été conservés dans les bandes résineuses. La futaie feuillue est constituée de chênes à 90% et 5% de châtaigniers. Elle est assez irrégulièrement répartie pour former par endroits des bouquets. La futaie à base de chêne, charme et de tremble pour les zones plus humides a été traitée en balivage intensif puis on a restauré par le haut. L'objectif des préparateurs a été l'amélioration constante de ce peuplement mélangé et la production de bois d'œuvre de douglas et de chêne de qualité au sein d'un même peuplement.




Logos: République Française, CNPF, FORECCAST, Région Bourgogne Franche Comté.

Analyse dendrométrique



FORECCAST
BIOCCLIMSOIL

Contexte stationnel: Altitude: 432 m, Exposition: sud-est, Pente: 15%, Humidité: 65%, Pluie: 1000 mm, Température: 10°C, Vent: 15 km/h, Direction: SW, Qualité: III, Classe: III, État: III, Qualité: III.

Caractéristiques du peuplement: Type de peuplement: Futaie régulière, Nature: Chêne sessile, Douglas domestique, Chêne sessile, Douglas domestique, État: III, Classe: III, Qualité: III.

Diagnostic Boisement: État de boisement, Douglas, Chêne sessile, Chêne sessile, Chêne sessile, État de boisement.

Bioclimsol/ARCHI

IBP/Carbone

Ilex
Ilex Base de données des Expérimentations Forestières

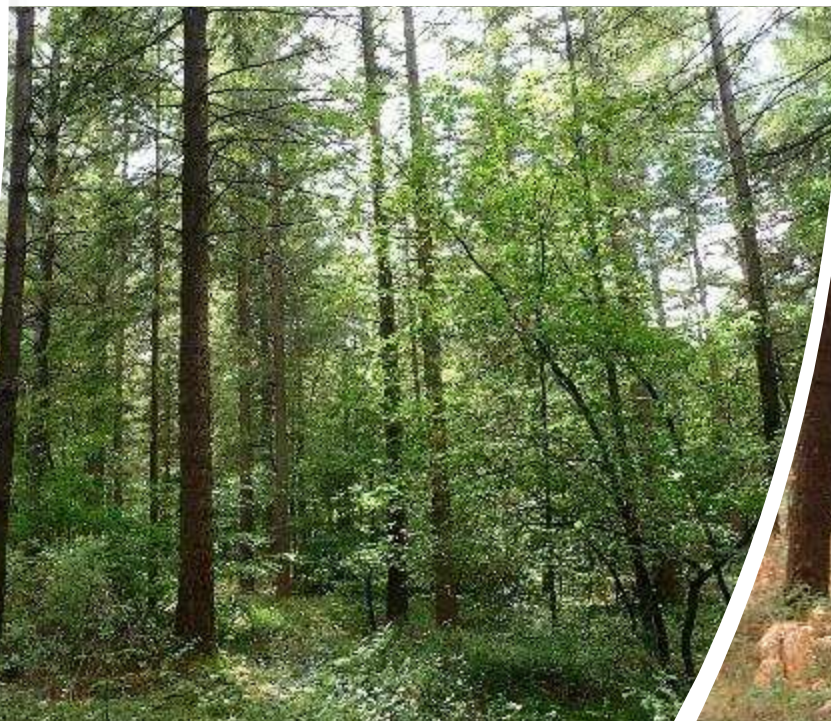
Enregistrement/Saisi ILEX



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

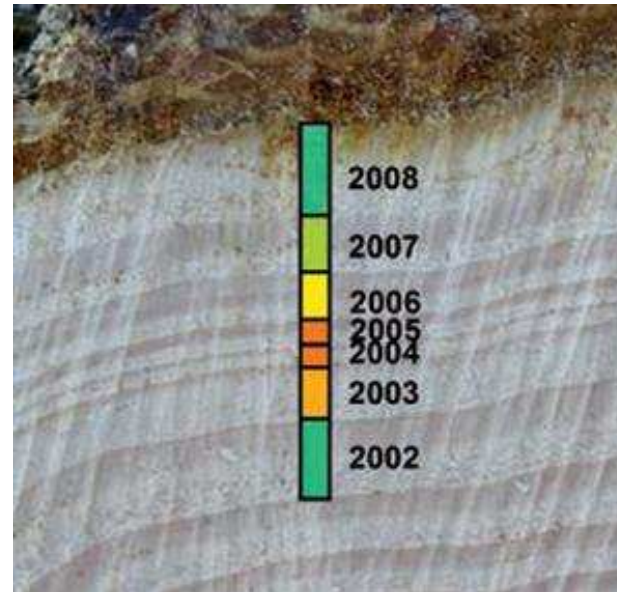
- ✓ Rougissement partiel ou total
- ✓ Fentes corticales avec coulure de résine
- ✓ Nécrose cambiale



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

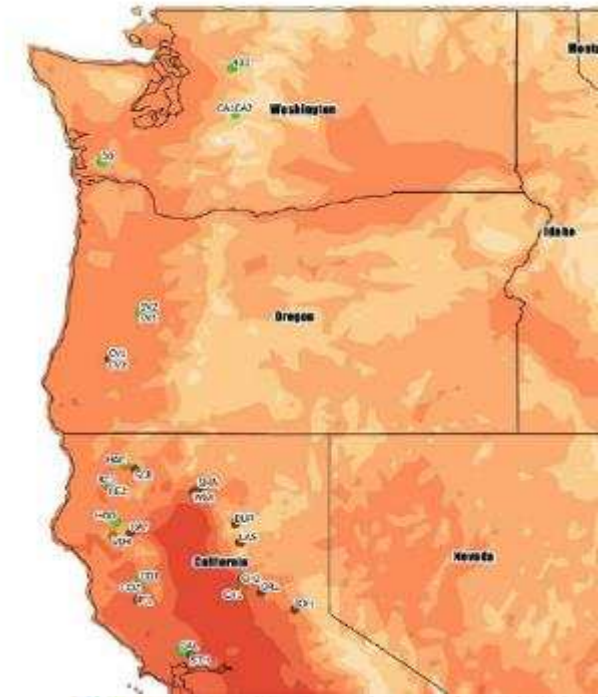
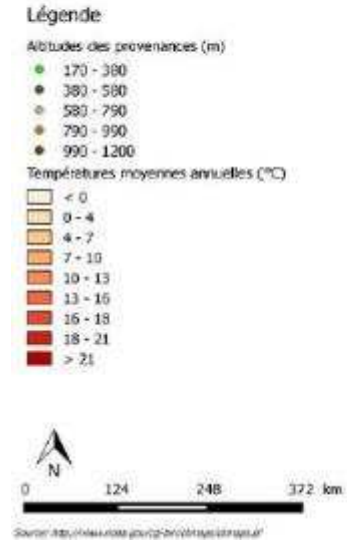


Tâche 2 - Evaluation et analyse des risques

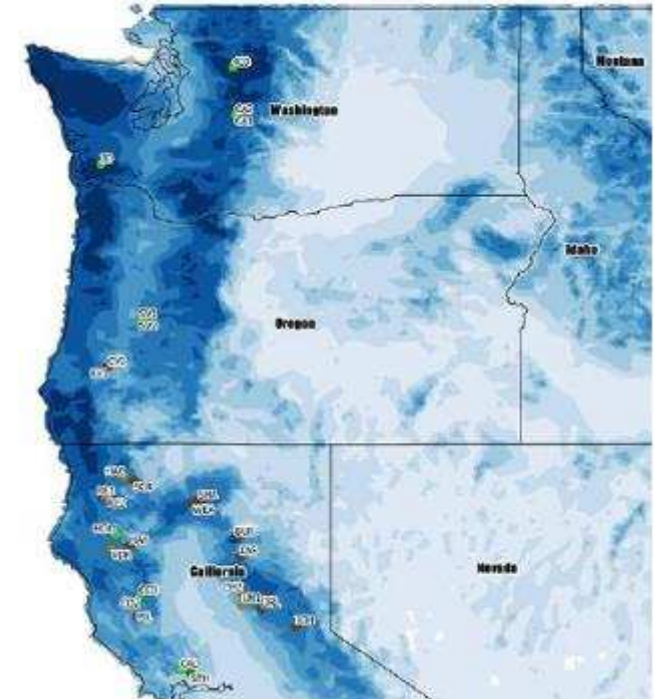
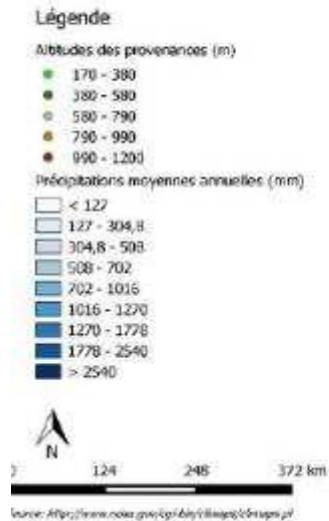
Contraintes climatiques



Carte des températures moyennes annuelles de l'aire d'origine des provenances de douglas (1961 - 1990)



Carte des précipitations moyennes annuelles de l'aire d'origine des provenances de douglas (1961 - 1990)



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

727

153

27,70

2,50

2016

955

130

25,07

0,00

1047

169

24,97

-0,23

2017

749

214

25,93

0,86

886

217

26,70

1,50

2018

794

124

27,40

2,33

1003

168

27,33

2,13

2019

695

104

27,87

2,80

977

215

27,70

2,50

2020

719

135

26,50

1,43

811

140

26,87

1,67

2021

814

251

23,97

-1,10

1155

315

23,90

-1,30

2022

778

209

28,07

3,00

712

164

28,50

3,30

2023

831

158

27,07

2,00

996

224

27,47

2,27

Moyenne
2015/2023

774

162

26,59

1,52

924

196

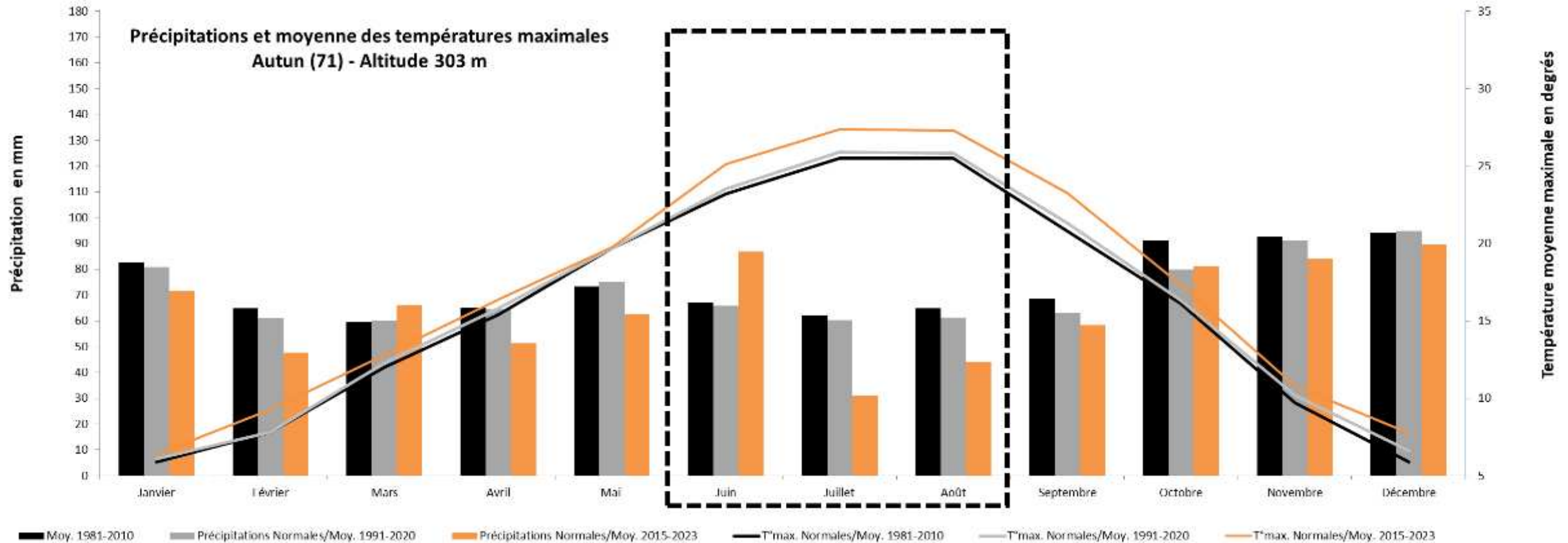
26,79

1,59



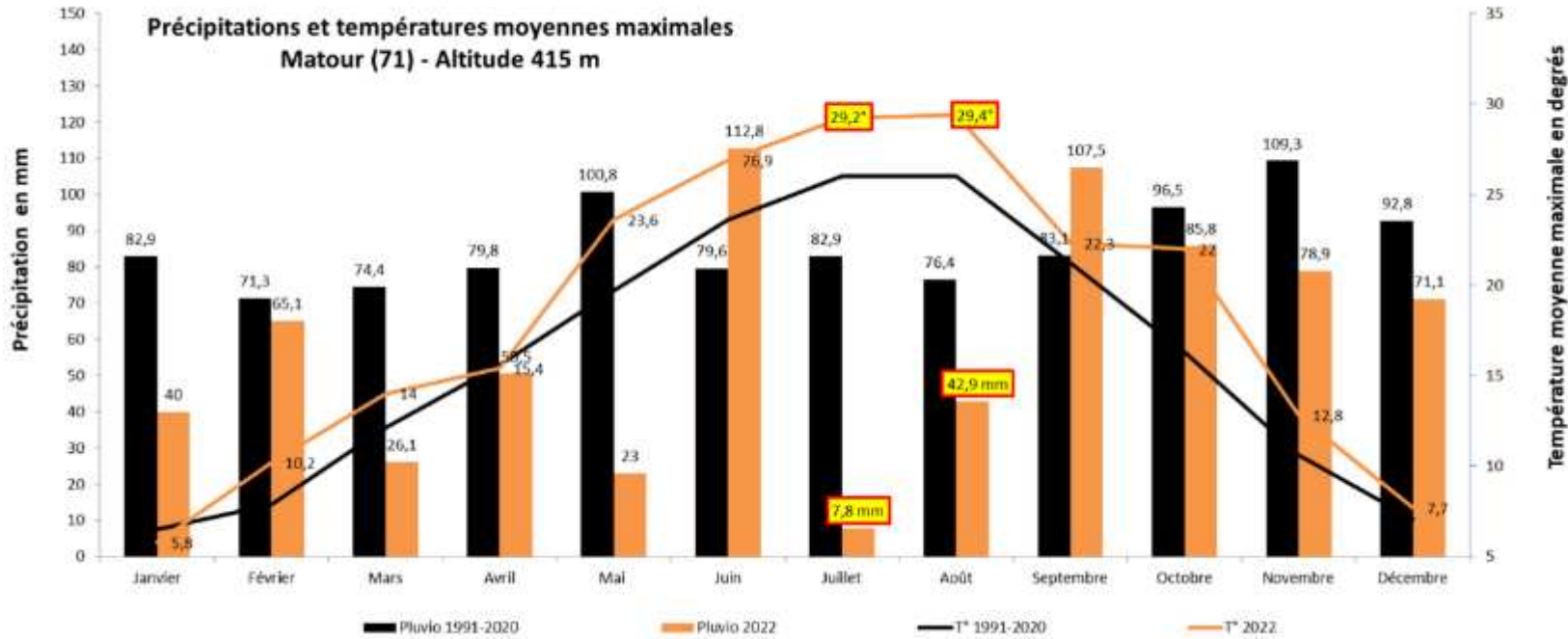
Tâche 2 - Evaluation et analyse des risques

Contraintes climatiques

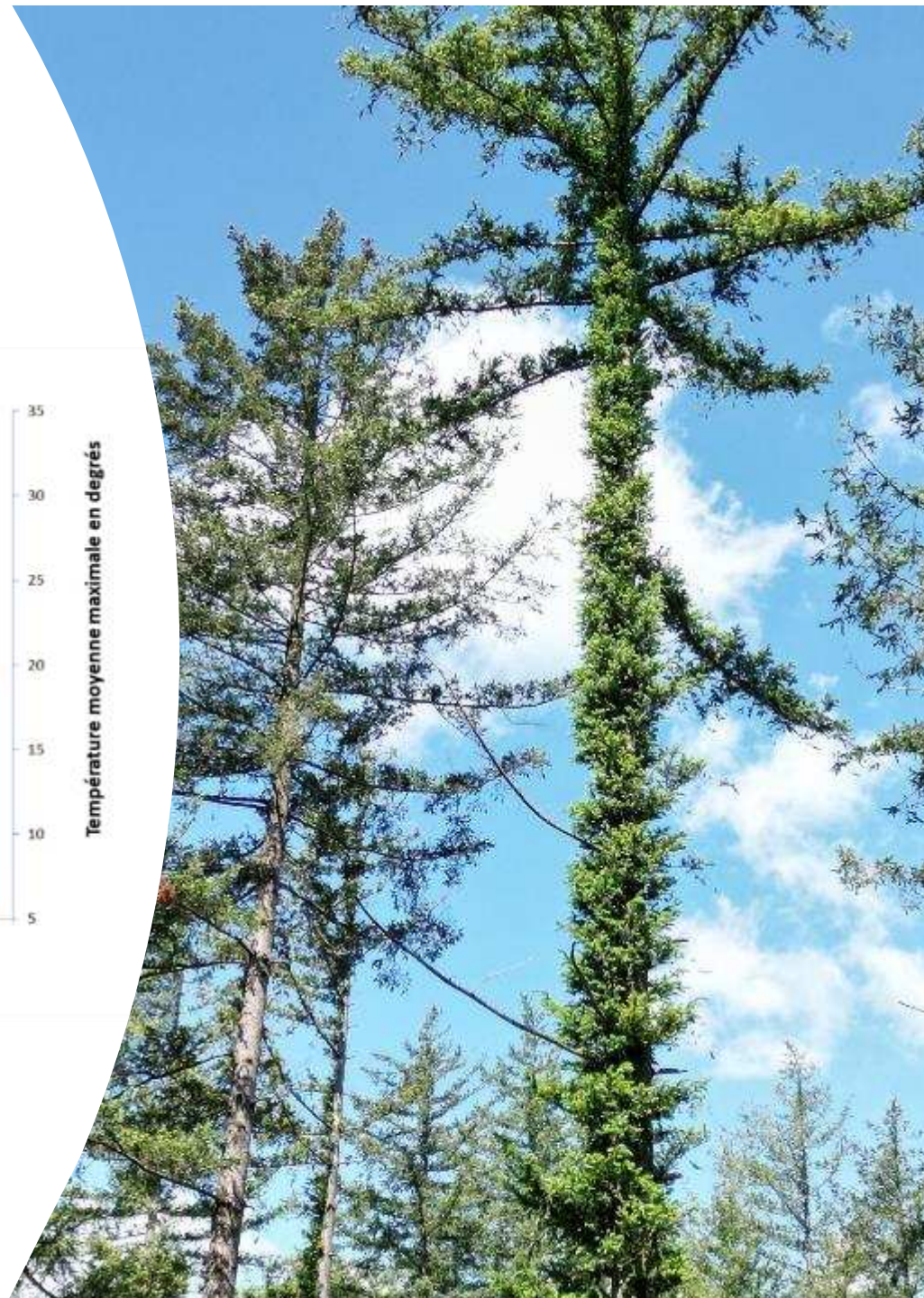


Tâche 2 - Evaluation et analyse des risques

Contraintes climatiques



Température moyenne maximale en degrés

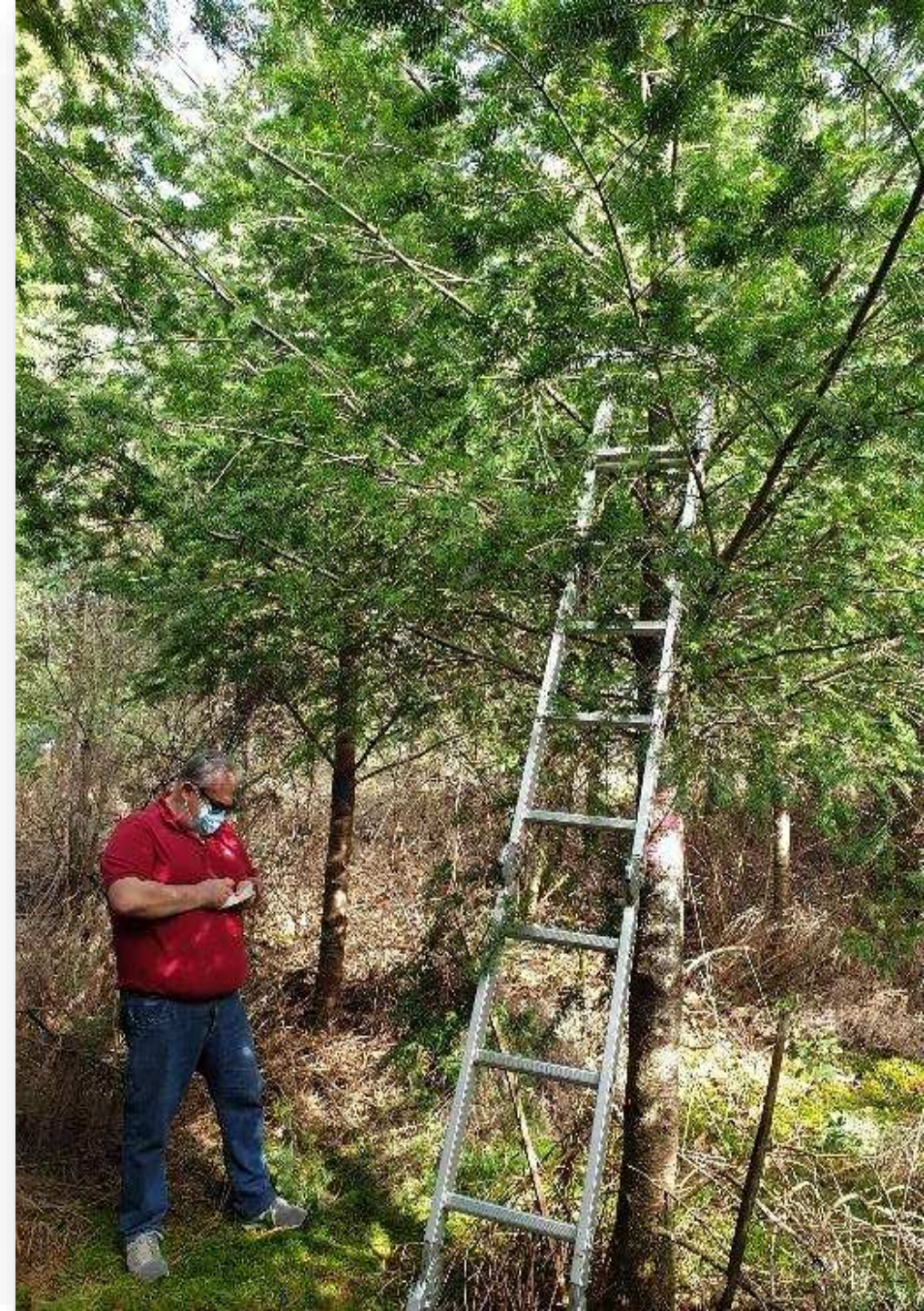


Tâche 2 - Evaluation et analyse des risques

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

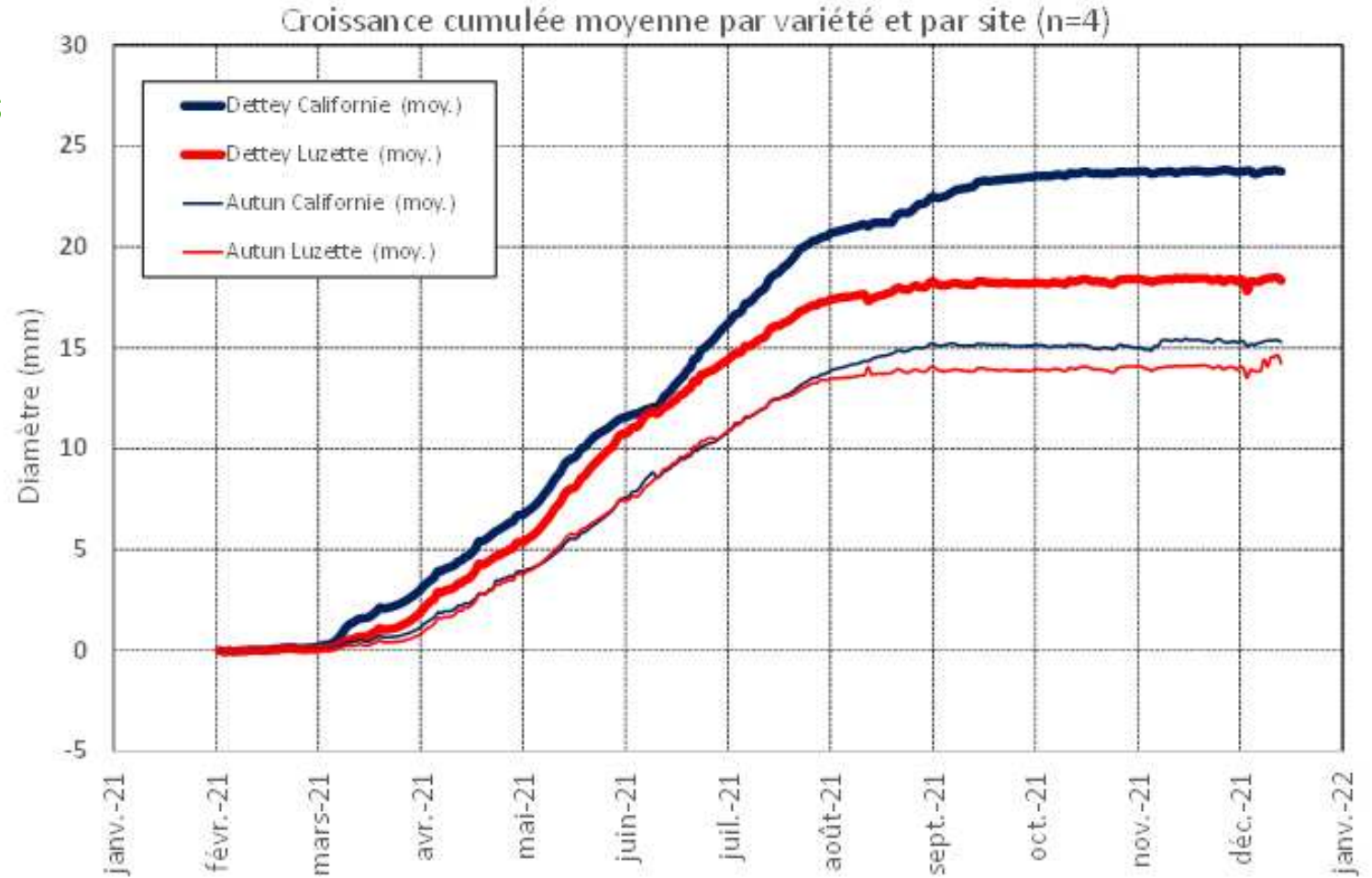


Tâche 2 - Evaluation et analyse des risques

Contraintes climatiques

Mesures écophysiological fines

Systèmes e-PépiPIAF



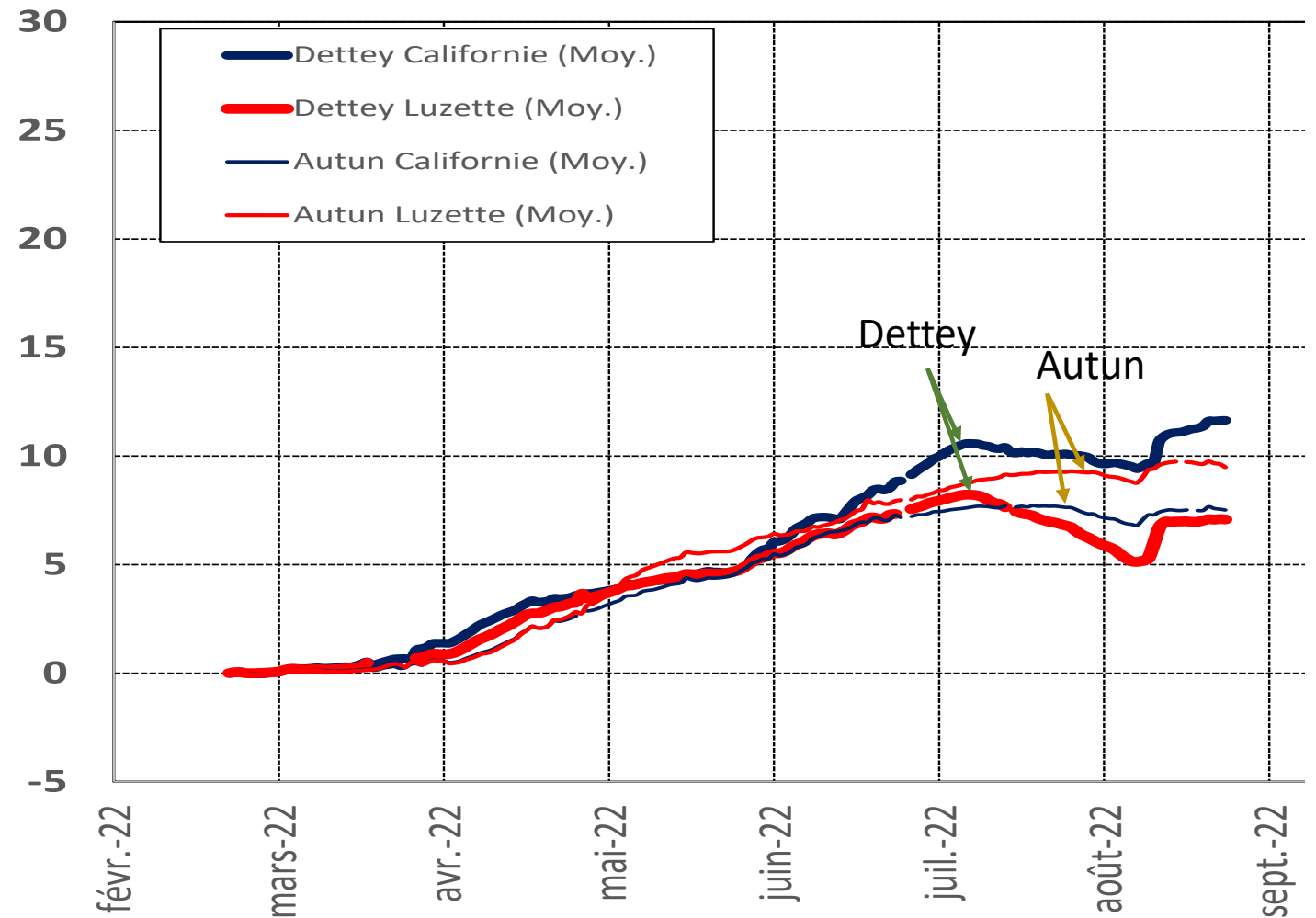
Tâche 2 - Evaluation et analyse des risques

Contraintes climatiques

Mesures écophysiological fines

Systemes 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.



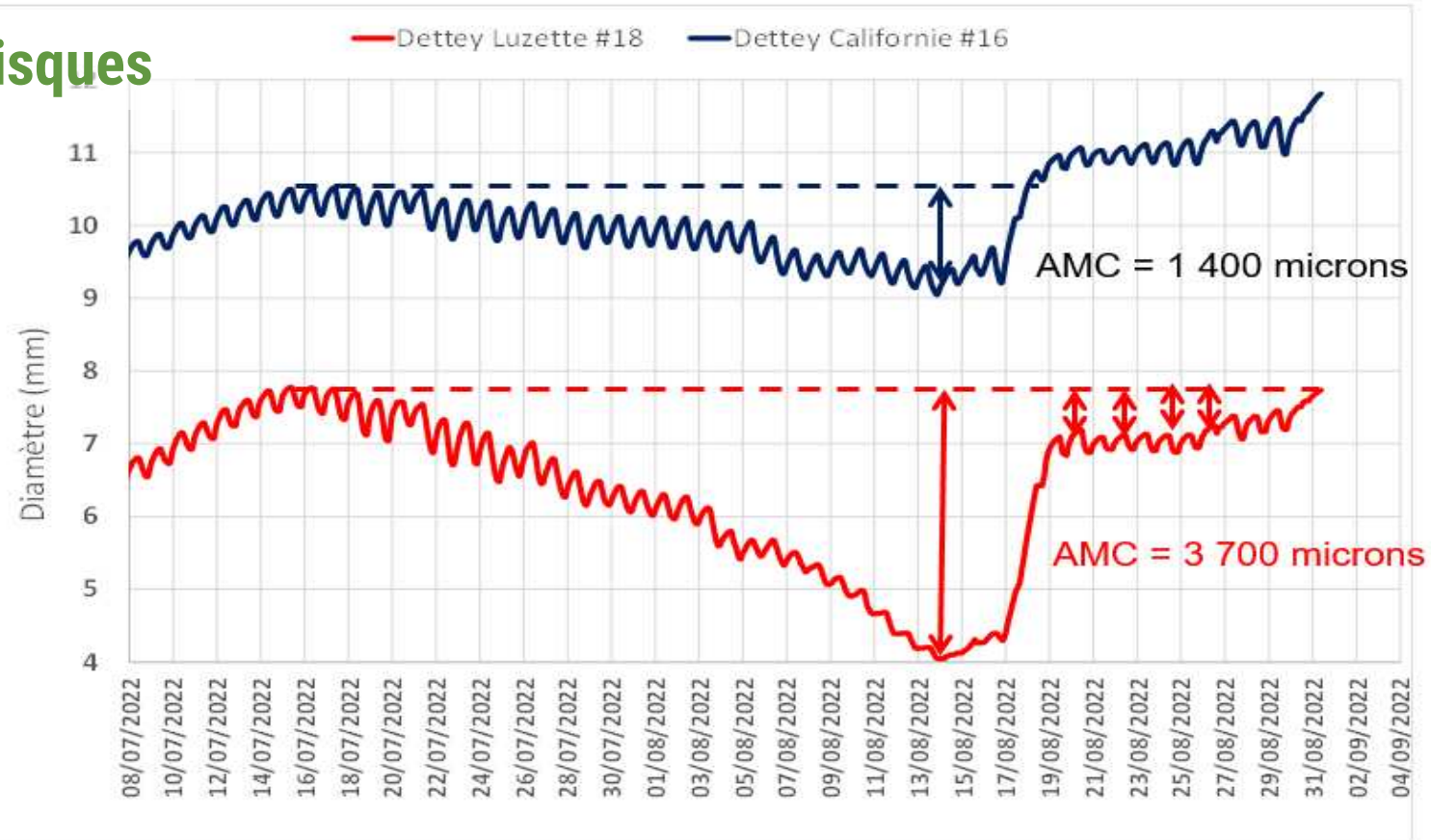
Tâche 2 - Evaluation et analyse des risques

Contraintes climatiques

Mesures écophysiologiques 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

Systemes 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 CO₂ 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



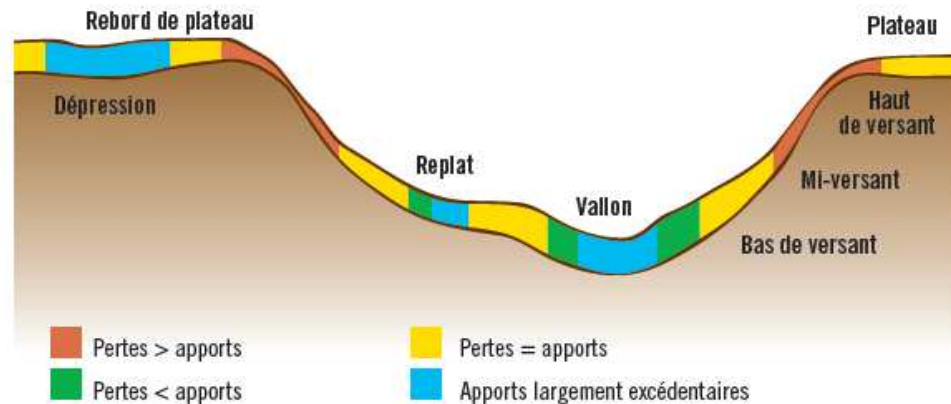
BioClimSol.



Données climatiques

Base de données autécologie des essences

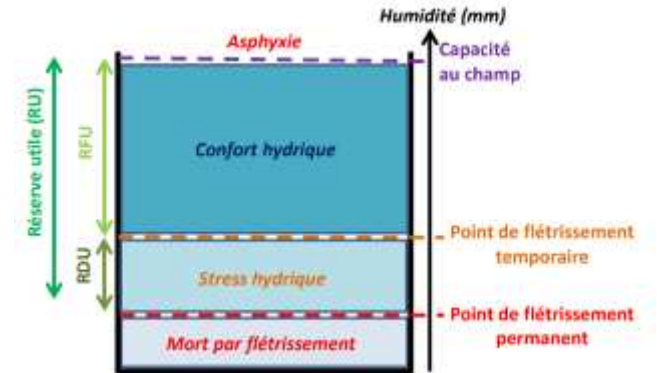
Données topographiques



La topographie influence les apports ou départs d'eau

Données pédologiques

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

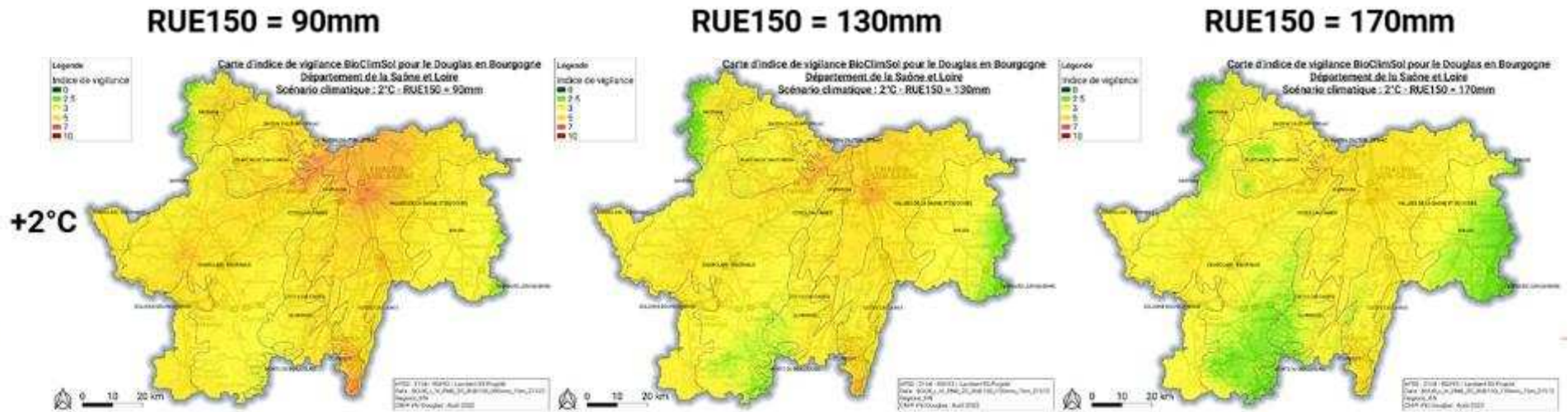


Tâche 3 - Adapter et renouveler les peuplements pour favoriser la résilience

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**

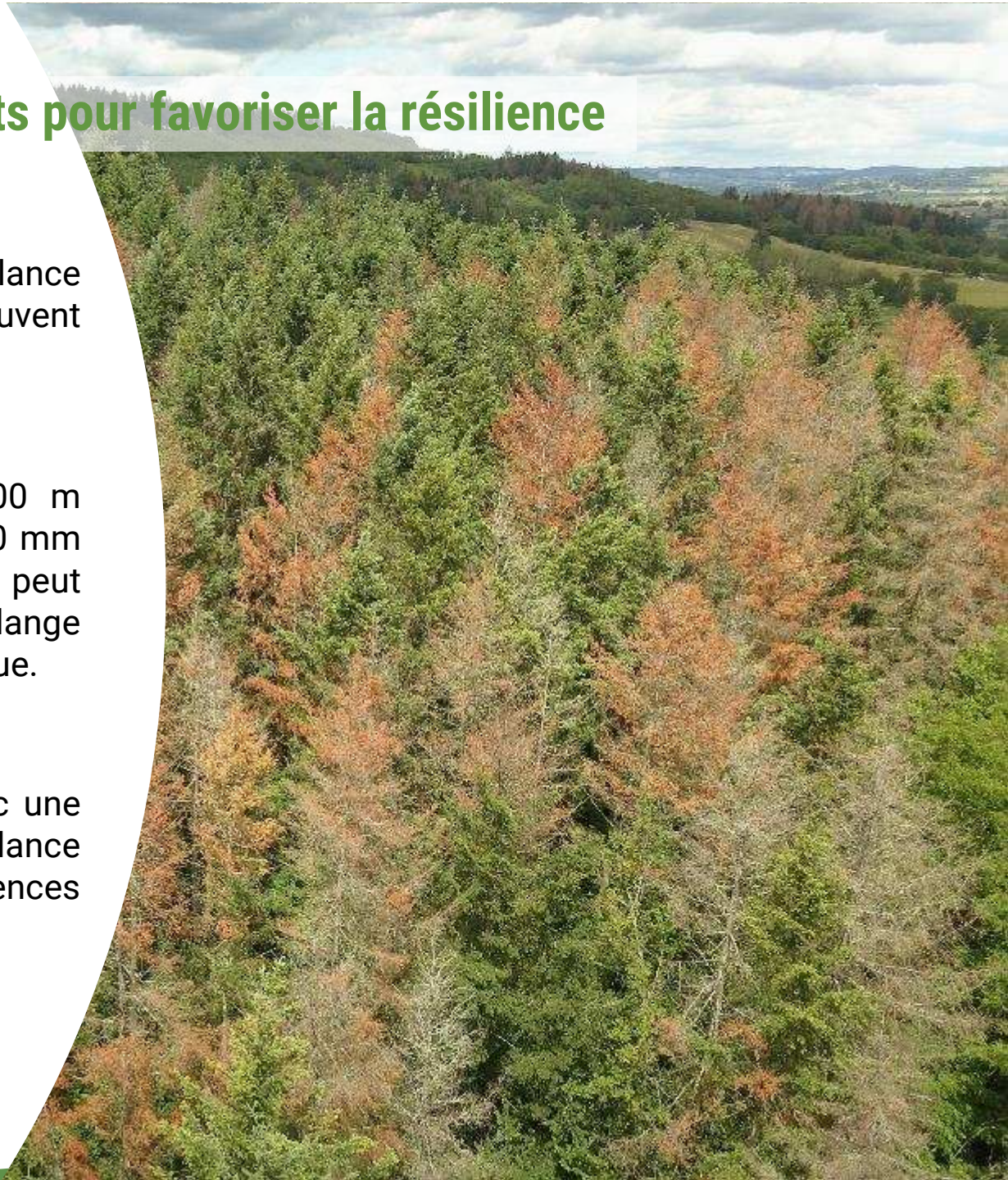
Situation d'altitude supérieure à 600 m avec un indice de vigilance BioClimSol de 1 à 3. Les différentes sylvicultures du douglas peuvent être envisagées.

- **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**

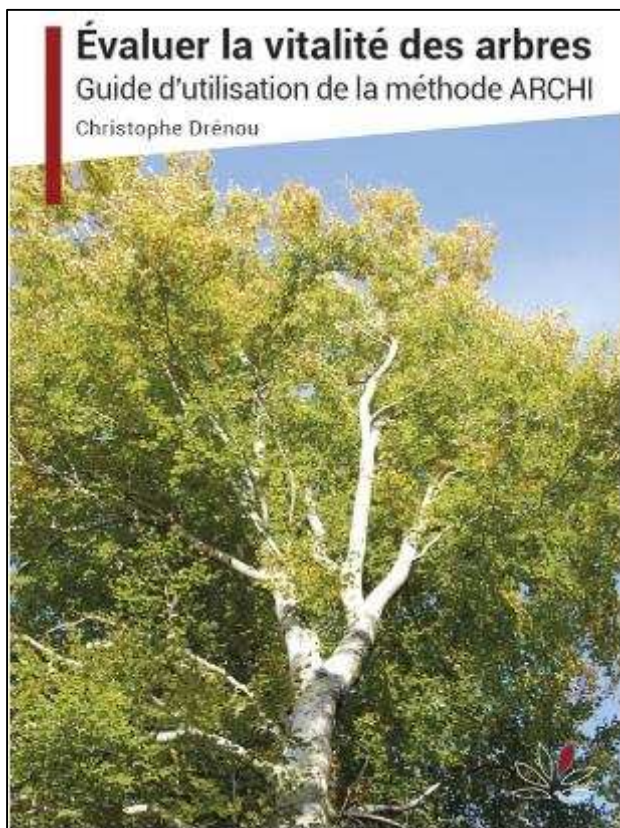
Situation de plaine et plateau d'altitude inférieure à 400 m, avec une réserve utile en eau du sol inférieure à 150 mm et un indice de vigilance BioClimSol de 5 et plus. Le douglas n'est plus adapté et des essences de substitution doivent être envisagées.



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

✓ Diagnostic sanitaire

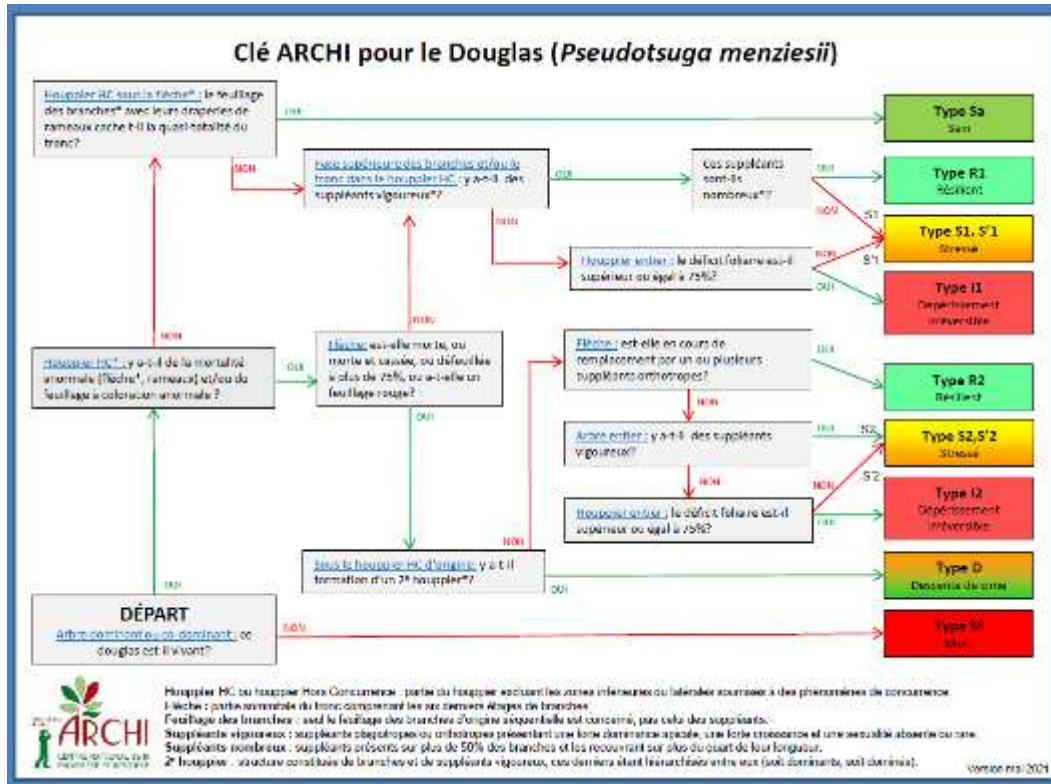
Méthode ARCHI



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

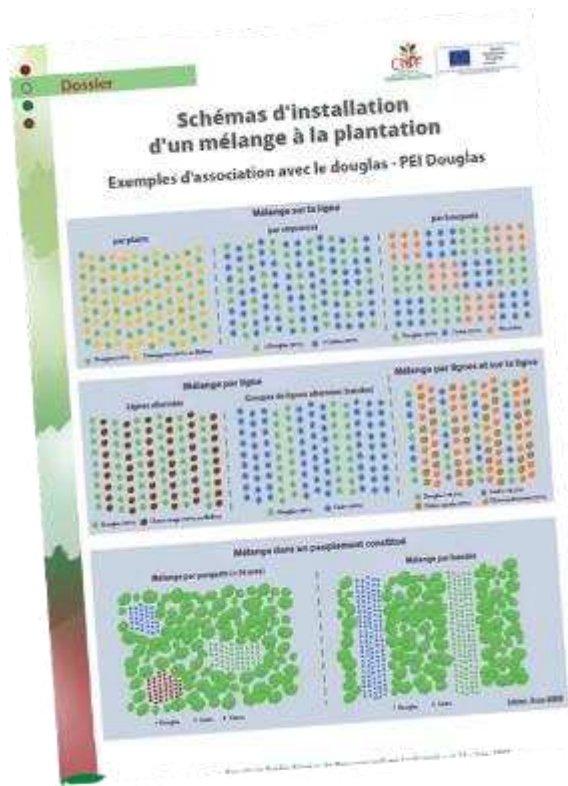
Adaptations des pratiques

- ✓ 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,

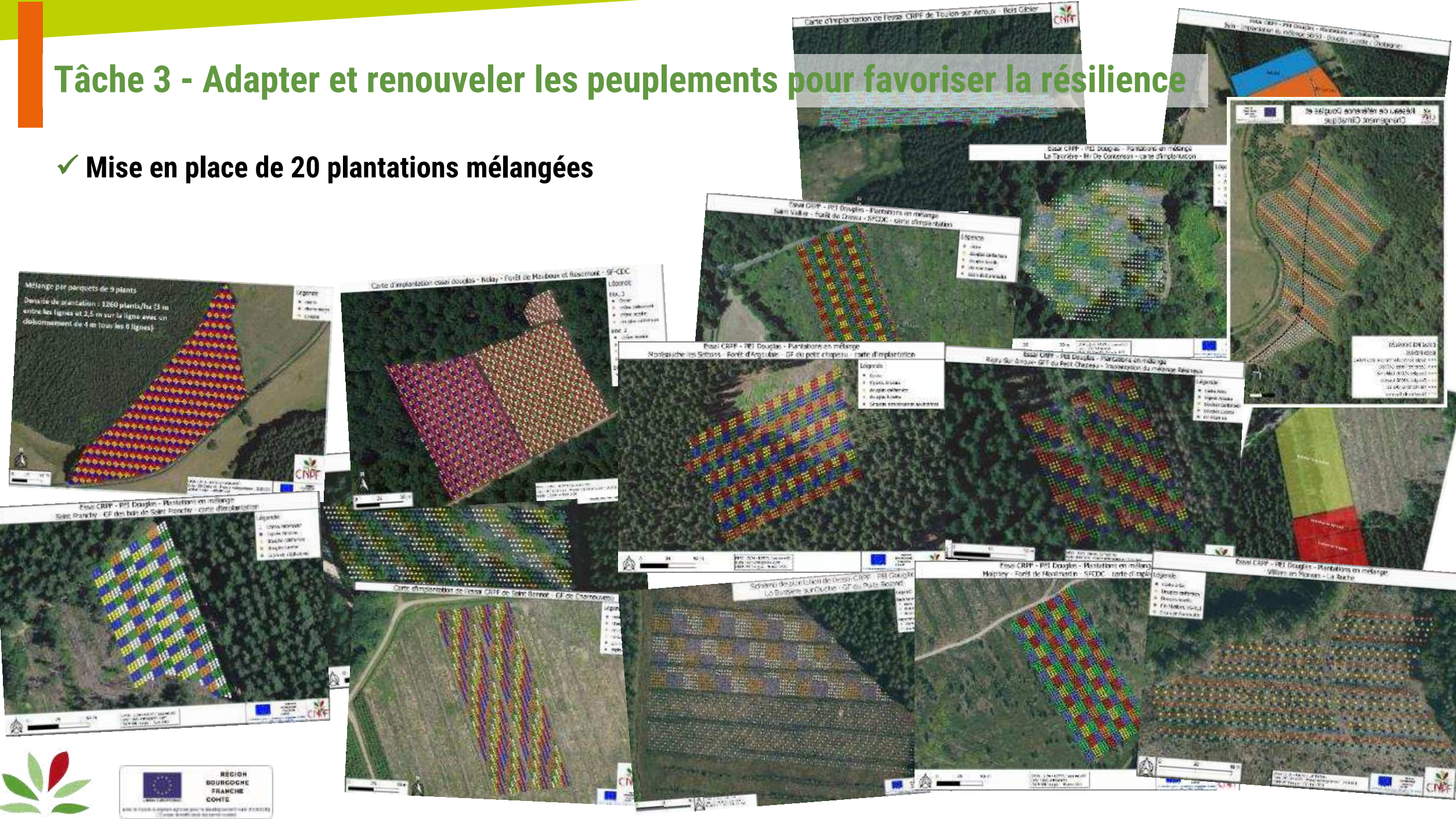


à vos côtés, pour les projets de demain

bourgognefranche.comte.cnpf.fr

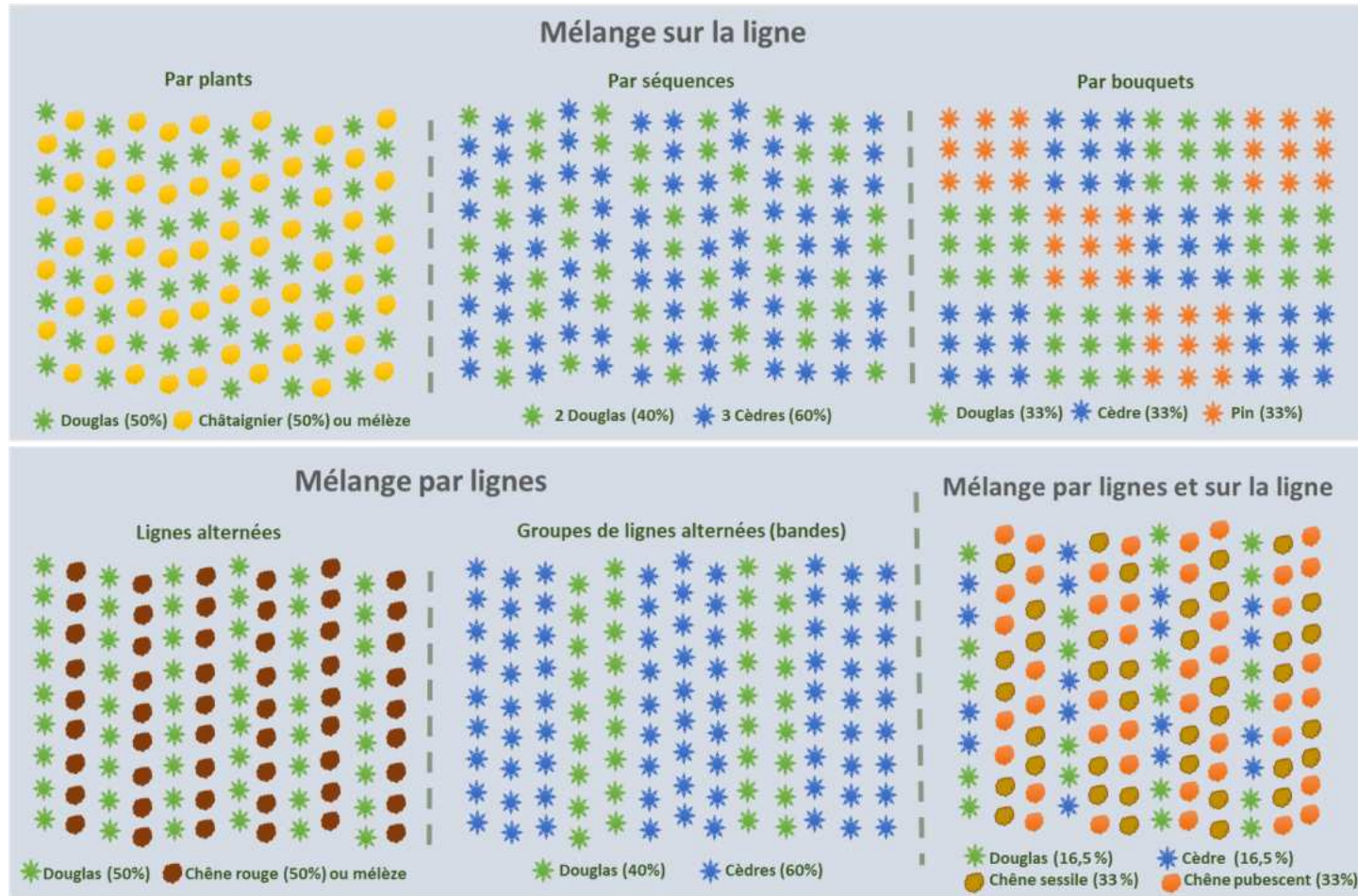
Tâche 3 - Adapter et renouveler les peuplements pour favoriser la résilience

✓ Mise en place de 20 plantations mélangées



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

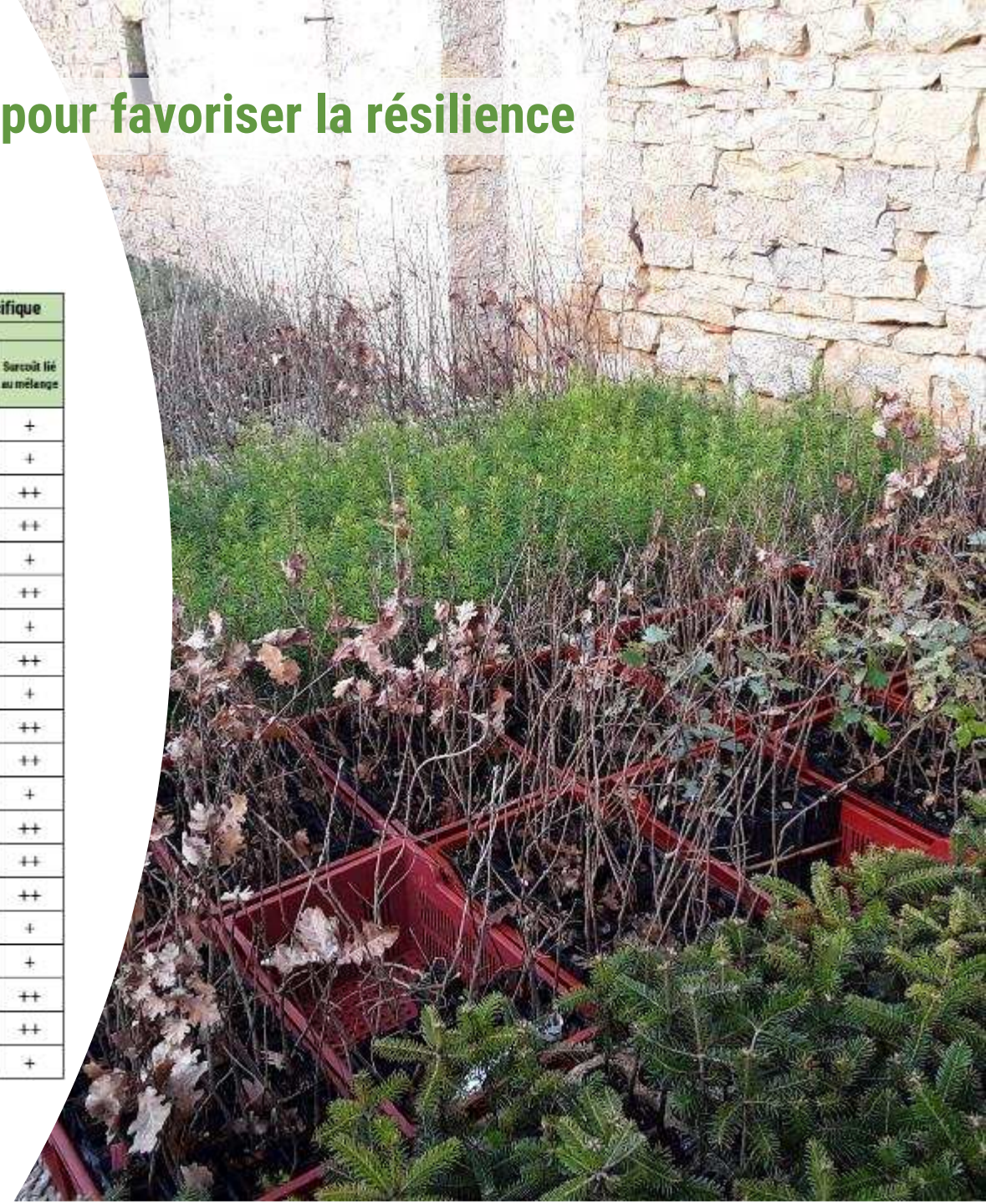
✓ Mise en place de plantations mélangées



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-Douhe (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 pins)	++	+	+	++	++
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/sequoia)	++	++	++	+	+
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-Douhe (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

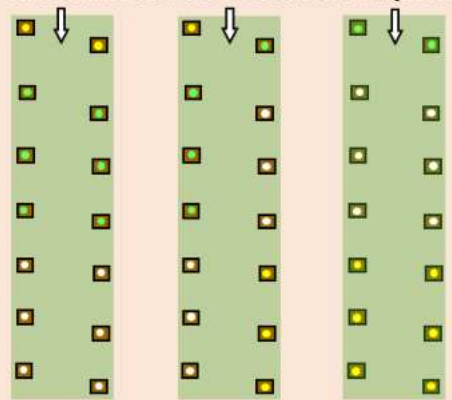
✓ Mise en place de plantations mélangées

Recommandations

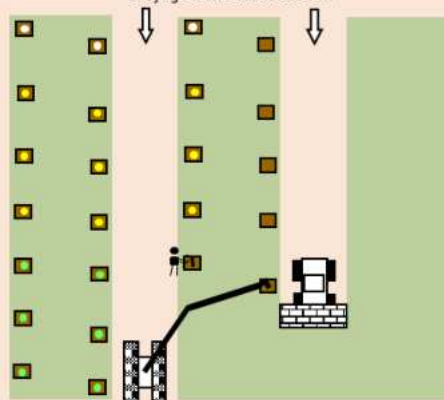
- Préparation du terrain par potets travaillés
- Plantation dans le recru

- 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 m² 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



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

Localisation des 6 dispositifs analysés

(Source : GoogleMap)



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

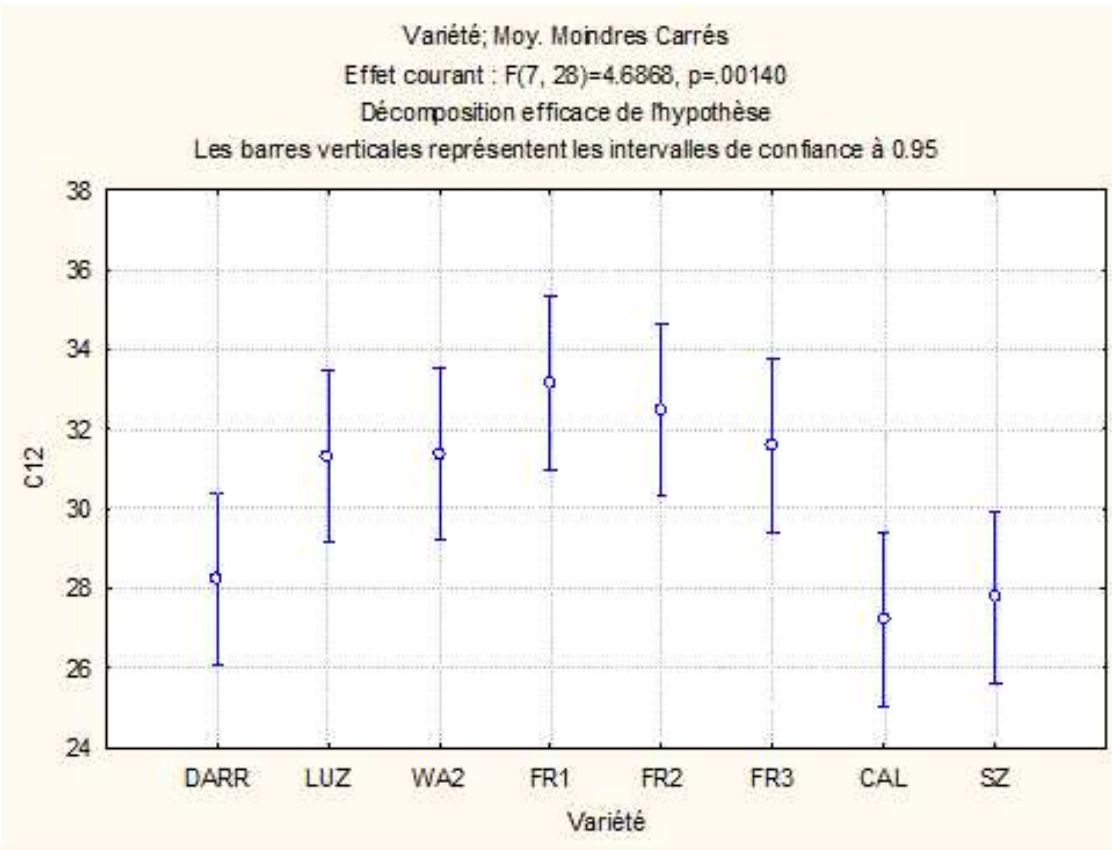
✓ Expérimentation de nouvelles variétés de douglas

	Autun (71)	Saulieu (21)	Semelay (58)	Pressy (71)	Dettey (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%	
Mortalité sur l'ensemble du dispositif à 8 ans* :	88%	89%	97%	84%	96%	88%	84%
<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%	
Mortalité sur l'ensemble du dispositif à 12 ans :	88%		96%	79%	95%	74%	
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							



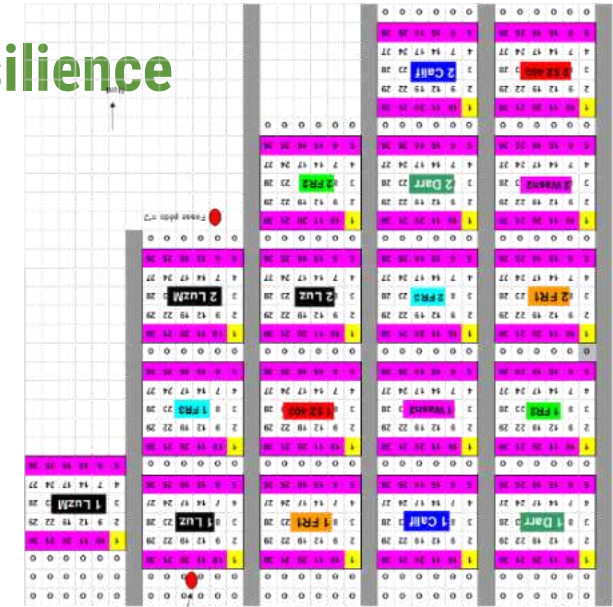
Tâche 3 - Adapter et renouveler les peuplements pour favoriser la résilience

✓ 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 m²/ha)



Futaie claire (25 m²/ha)

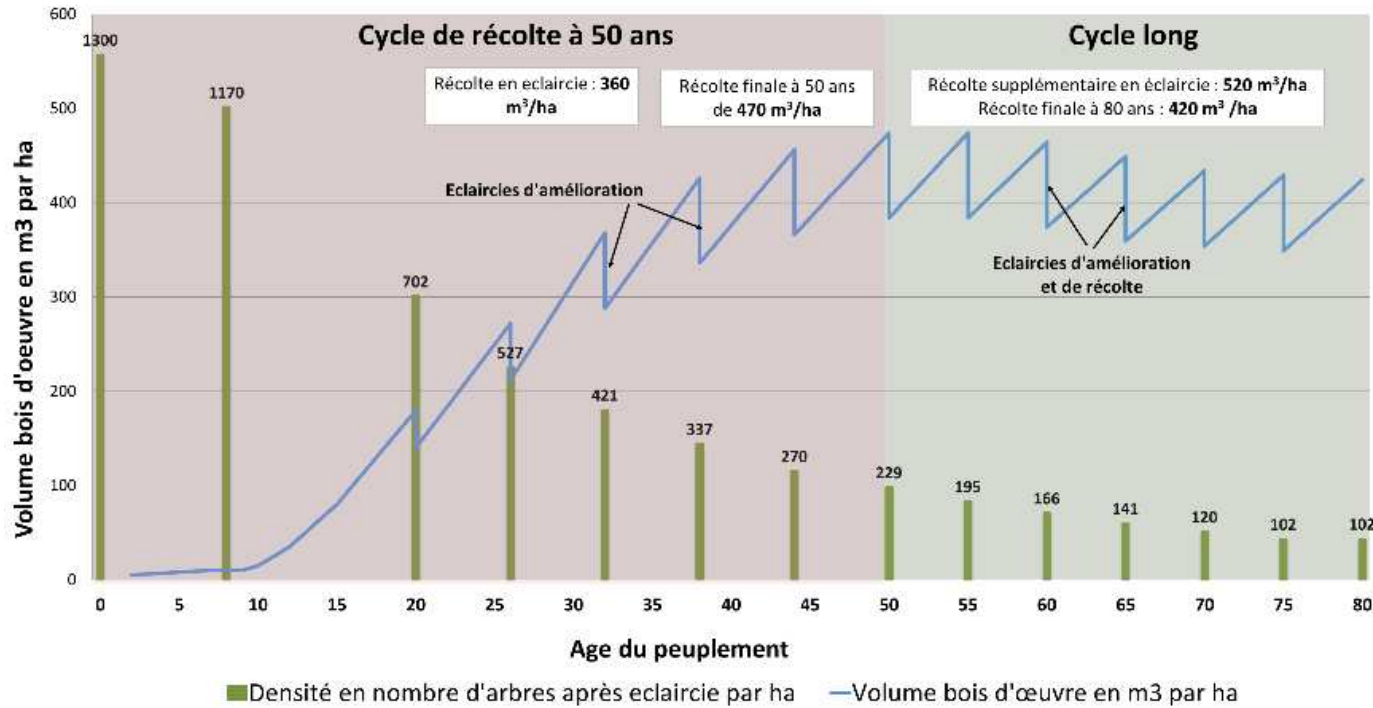


Tâche 3 - Adapter et renouveler les peuplements pour favoriser la résilience

✓ 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



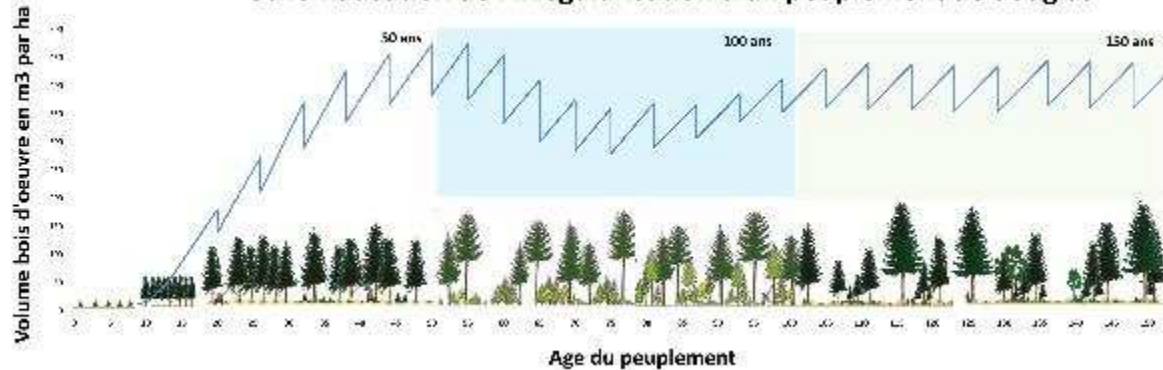
Tâche 3 - Adapter et renouveler les peuplements pour favoriser la résilience

✓ 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 **20m² et 30m²** 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

À 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.

Conduire un peuplement régulier ou en conversion vers un peuplement irrégulier, la plupart des peuplements adultes 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 néanmoins une alternative en complément d'indicateurs. Certains dispositifs pourraient même justifier de l'association complémentaire dans des régénérations diversifiées, diversification des origines génétiques, diversification des espèces de reboisement en lien avec le climat futur.

bourgognefranche-comte.cnpf.fr



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

Fiche n°4

Le sol assure de multiples fonctions vitales pour l'arbre, il assure le bon ancrage racinaire et assure le bon accès des racines de l'eau et des nutriments par les racines qui ne touchent le sol que par les racines. 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 forêt, mais aussi le plus important pour la gestion et l'amélioration forestière.

La préservation voire l'amélioration de la fertilité des sols est une des composantes qui permettront 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/ou réduites. Les besoins nutritifs sont donc élevés et nécessitent la connaissance des caractéristiques des sols.

L'usage « d'excès d'effort de la fertilité des sols et de la sylviculture sur la conductivité du douglas à faire face au changement climatique » conduit les travaux de préservation des sols. Des effets doivent être pris en compte afin de garantir la stabilité et le bon fonctionnement 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 douglas.

SOUS-ENSEMBLE NUTRITIF EN COUVERT FORESTÉ

- Éviter les travaux en forêt qui altèrent la fertilité des sols et la stabilité des sols.
- Éviter les travaux qui altèrent la fertilité des sols et la stabilité des sols.
- Éviter les travaux qui altèrent la fertilité des sols et la stabilité des sols.

bourgognefranche-comte.cnpf.fr



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

Fiche n°5

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 décelés vont probablement accentuer les difficultés des forêts, 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 complexe est parfois difficile à mettre en œuvre et la sylviculture est compliquée à une plantation mono-essentielle qui génère quelques contraintes qu'il est nécessaire de bien anticiper.

Le choix des essences forestières nécessite un sérieux travail de réflexion dans l'élaboration d'un projet de plantation mixte. Les espèces choisies à associer au douglas doivent rester au climat local et être adaptées à un climat futur incertain.

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



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

Fiche n°5

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 2011 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

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 élevées vis-à-vis du climat. Son introduction en Bourgogne depuis plus de 50 ans a été abrupte et sans préparation préalable. Les conditions climatiques de Bourgogne sont donc très différentes de celles auxquelles le douglas est habitué dans son pays d'origine.

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

Adopter des réflexes de gestion adaptés à une sylviculture résiliente est donc une nécessité pour le peuplement forestier et pour le maintien des forêts de douglas dans un contexte de changement climatique.

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

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>

