

## **Dendroecology study on *Quercus petraea* using long-term forest monitoring (ADAREEX)**

*François LEBOURGEOIS* in collaboration with *Anna SCHMITT*<sup>1</sup>, *Raphaël TROUVE*<sup>2</sup>, *Claudine RICHTER*<sup>3</sup> and *Ingrid SEYNAVE*<sup>1</sup>

Controlling stand density is widely advocated as a strategy that foresters have at their disposal to modulate the response of trees to climate (particularly to drought events) and to cope with predicted climate changes. As response to drought also depends on the site water availability and the tree social position within the stand, we analyzed the joint effects of stand density, social status, and water balance on tree growth mean response to climate (1997-2012) and resistance (Rt), resilience (Rs), and recovery (Rc) following the severe drought of 2003. We used retrospective growth data in young stands (mean of 34 years in 2012) of sessile oak (*Quercus petraea*) collected in French permanent silvicultural plots (269 trees). The network experienced three climatic conditions (mean summer water balance: -182, -126 and -96 mm; dry, mesic and wet) and three stand densities (Relative density index: 0.20, 0.53 and 1.04; low, medium and high). Bootstrapped correlation coefficients showed that mean response to climate differed with water availability. Tree growth highly depended on spring and summer droughts on dry and mesic sites and not at all under wet conditions sites. Neither stand density nor social status modulated mean response to climate. Decreasing stand density increased resistance, resilience, and recovery, particularly on dry sites and the effect was independent of tree social position within the stand. Thus, despite experiencing higher soil water deficits, trees growing in drier sites exhibited remarkably faster growth recovery than those in moister sites. These results highlight the role of acclimation in tree community responses to present and future climates.

### **Authors' detail:**

<sup>1</sup> Lorraine University, AgroParisTech, Inra, Silva, 54000, Nancy, France

<sup>2</sup> Department of Forest and Ecosystem Science, University of Melbourne, Richmond, VIC 3121, Australia

<sup>3</sup> RDI, Office National des Forêts, 77300 Fontainebleau, France



**AFORCE**  
RMT Adaptation des forêts  
au changement climatique

# ADAREEX

## Étude dendroécologique sur le chêne sessile à partir de réseaux d'expérimentations sylvicoles à long terme



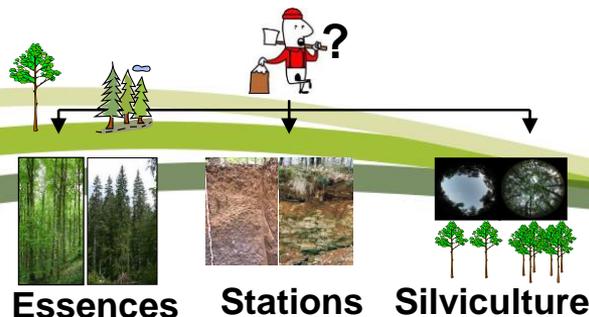
Anna Schmitt, Raphaël Trouvé, Claudine Richter, Ingrid Seynave, François Lebourgeois

Coordination : Lebourgeois François



# Adapter la forêt au changement climatique

## Les trois leviers du gestionnaire



### Sylviculture adaptative

- Accompagnement des transitions
- Quelles actions peuvent être entreprises pour améliorer la capacité du système à faire face aux changements tout en continuant à garantir les objectifs de gestion ?



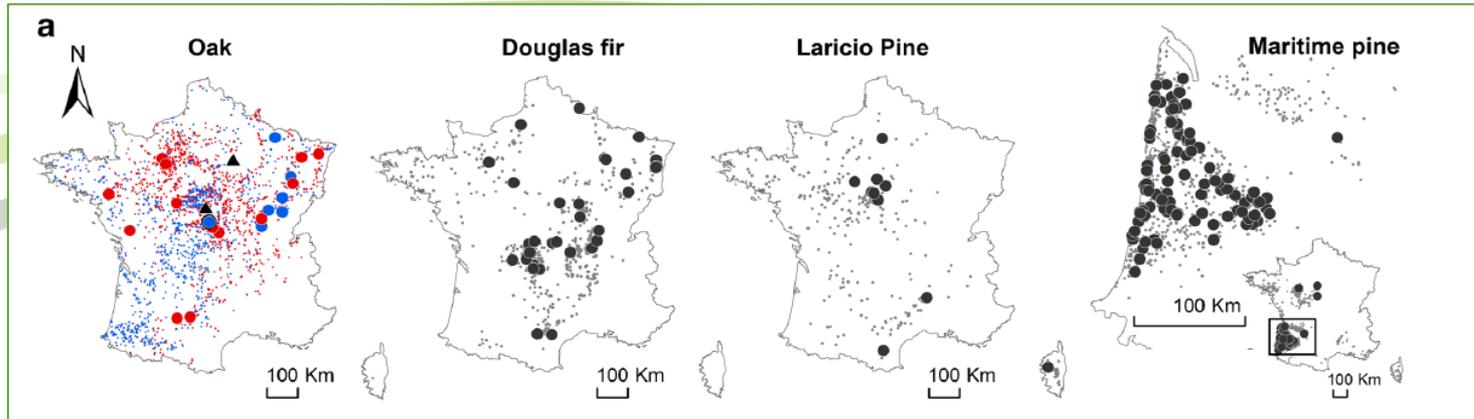
Groupement d'Intérêt Scientifique Coopérative de données sur la croissance des peuplements forestiers (GIS Coop)



GIS Coop: networks of silvicultural trials for supporting forest management under changing environment

Seynave et al. *Annals of Forest Science*, 2018

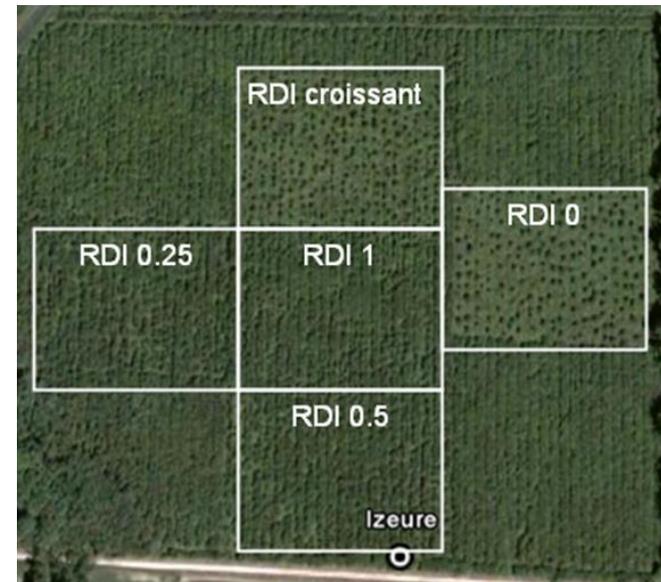
## Réseaux d'expérimentations sylvicoles



Seynave et al. Annals of Forest Science, 2018

Installation début des années 1990 – 5 espèces

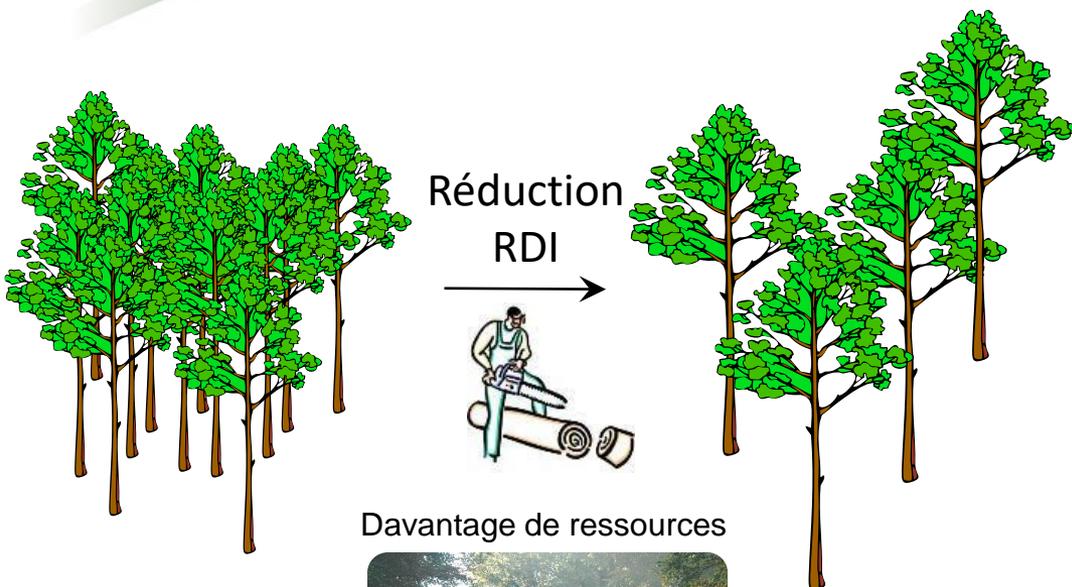
- Sites – 1206 placettes
- Niveaux de densités variables
- Inventaires forestiers répétés (tous les 3-4 ans)



RDI = Relative Density Index  
 $RDI = N/N_{max}$  (Reneike, 1933)

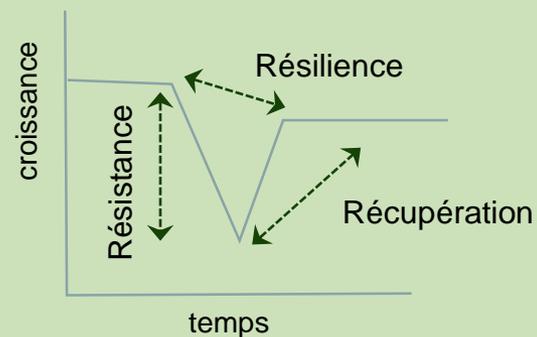
# Réponse au climat et densité des peuplements

## Les hypothèses



### Hypothèses réponse climat

Sensibilité	-
Résistance	+
Résilience	+
Récupération	+



(modifié d'après Lloret et al. 2011, Pretzsch et al. 2013)

# Matériel et méthodes





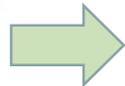
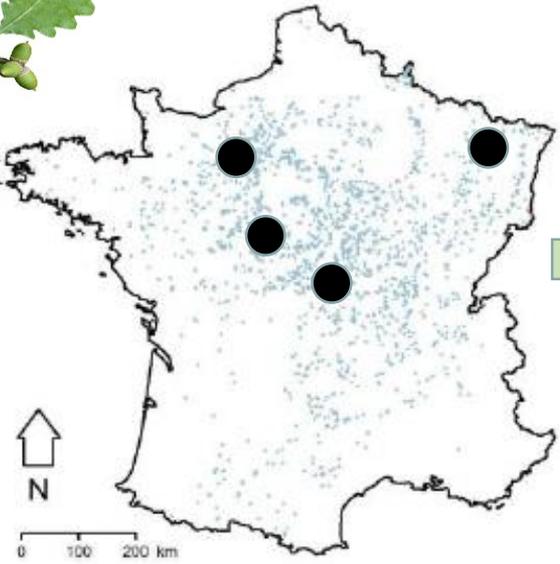
# Échantillonnage dans le GIS Coop

## Réseau « Chêne sessile »

4 sites (sur 22) / 15 placettes  
2 à 3 niveaux de RDI par site



(Trouvé 2015, Schmitt 2017)



### 3 conditions hydriques (1997-2012)

	« humide » (1 site)	« mésophile » (2 sites)	« sec » (1 site)
T année ....	10,4 °C	10,8 °C	11,6 °C
T hiver .....	2,6 °C	3,9 °C	4,6 °C
P année ....	860 mm	790 mm	700 mm
P été .....	230 mm	200 mm	160 mm
P-ETP (été)	-96 mm	-126 mm	-182 mm
RU (mm)...	170 mm	130 mm	190 mm

(Points : placettes IFN avec 80% de CHS)



# Échantillonnage dans le GIS Coop

## Réseau « Chêne sessile »

### 3 conditions hydriques (1997-2012)

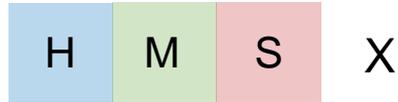
Densité	« humide »	« mésophile »	« sec »	
<b>Forte</b> RDI ~ 0,9	D C dé <b>30</b>	D C dé <b>58</b>	D C dé <b>29</b>	<b>117</b>
<b>Moyenne</b> RDI ~ 0,5		D C dé <b>53</b>	D C dé <b>28</b>	<b>81</b>
<b>Faible</b> RDI ~ 0,2	D C dé <b>19</b>	D C dé <b>42</b>	D C dé <b>20</b>	<b>81</b>
	<b>49</b>	<b>153</b>	<b>77</b>	<b>279</b>

(6 à 10 arbres / statut)



# Méthodes d'analyses

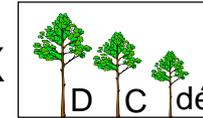
Niveau hydrique



Densité



Statut social



Carottage – Mesures des cernes – Interdatation

Age moyen en 2012 : 29 ans



(Lebourgeois et Mérian, 2012)

Réponse moyenne  
1997-2012

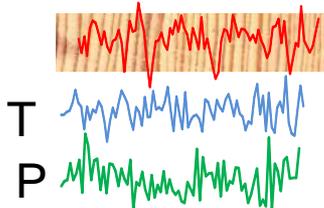
33 chronologies  
(standardisées)



Réponse à la  
sécheresse de 2003

279 arbres

Résistance  
Résilience  
Récupération



- Périodes
- Facteurs
- Fonction Corrélations *Boostrapped* (CCB)  
(Guiot 1991 ; Bunn 2008 ; Mérian 2012 ; Zang et Biondi 2013)



# Réponse à la sécheresse de 2003

## Résistance, Récupération, Résilience

(modifié d'après Lloret et al. 2011, Pretzsch et al. 2013)

Avant Séch. (AvS)

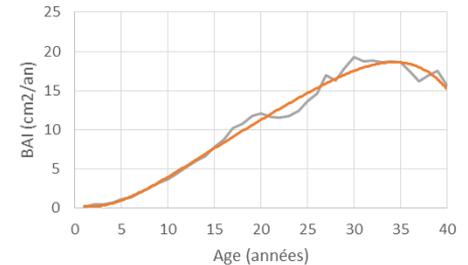
BAI (2000-2002)

Après Séch. (ApS)

BAI (2004-2006)

Séch. (S)  
BAI 2003

BAI dégagés effet âge



$$\text{Résistance (Rt)} = \frac{S}{\text{AvS}} = \frac{\text{BAI 2003}}{\text{BAI (2000-2002)}}$$

$$\text{Récupération (Rc)} = \frac{\text{ApS}}{S} = \frac{\text{BAI (2004-2006)}}{\text{BAI 2003}}$$

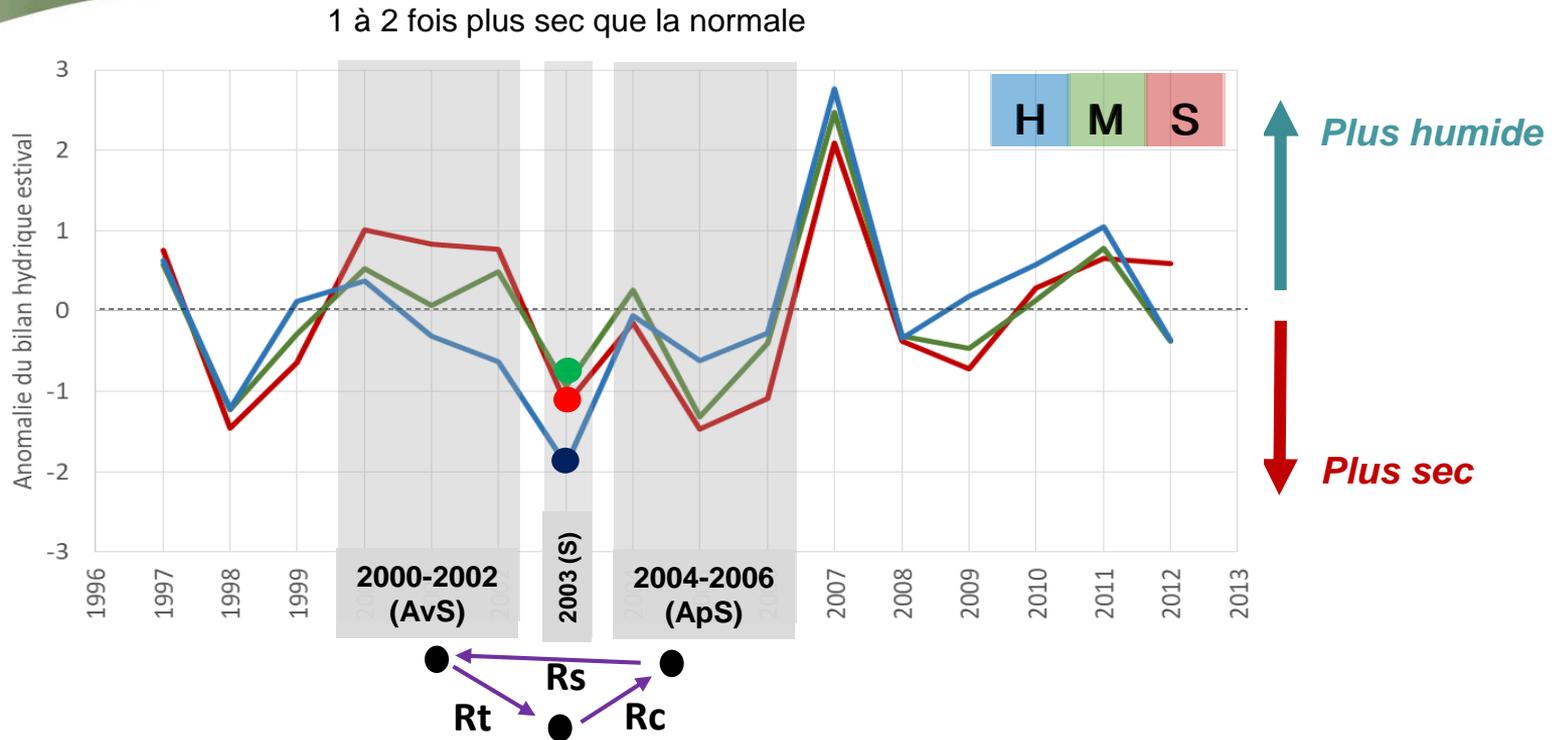
$$\text{Résilience (Rs)} = \frac{\text{ApS}}{\text{AvS}} = \frac{\text{BAI (2004-2006)}}{\text{BAI (2000-2002)}}$$



# Réponse à la sécheresse de 2003

## Anomalies climatiques

$$A_i = \frac{Obs_i - Moy_{1997-2012}}{STD_{1997-2012}}$$



# Résultats

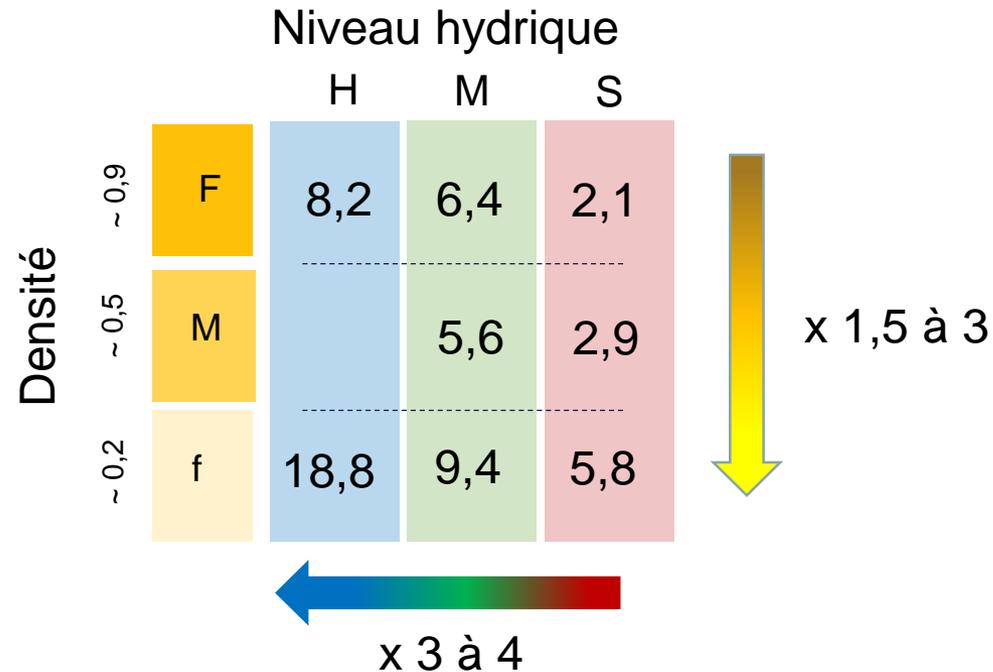




# Résultat 1

La croissance est plus forte sur site « humide » et sous faible densité  
Effet Site >> Effet densité

BAI sur la période 1997-2012 (cm<sup>2</sup> / an)





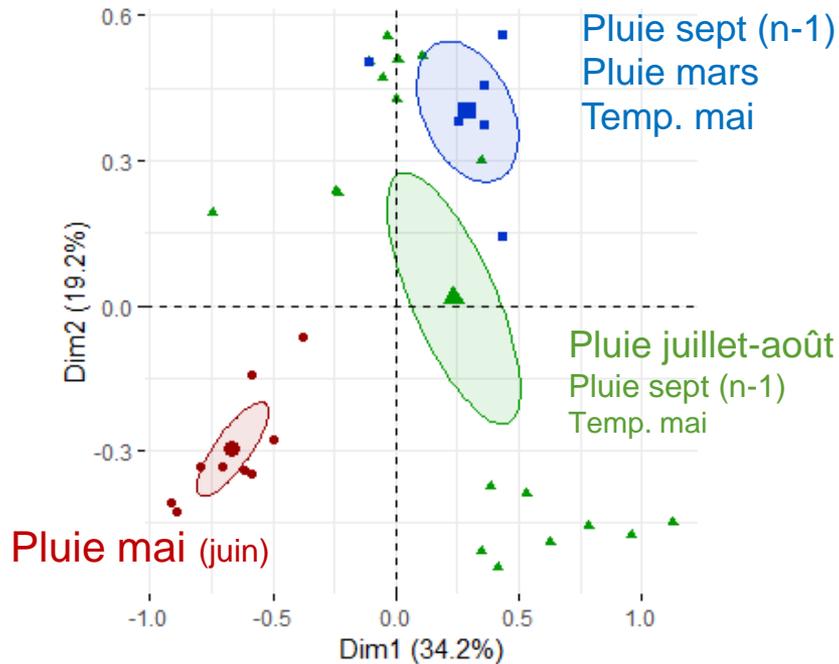
# Résultat 2

## La réponse moyenne au climat varie selon les conditions hydriques mais pas selon la compétition (densité-statut)

ACP sur les CCB des 33 chronologies

Ellipse de confiance à 95% => **aire disjointe = différence**

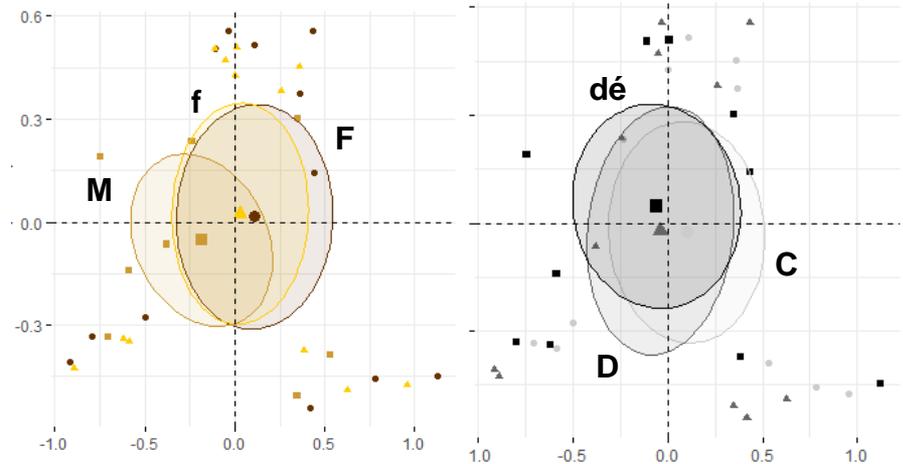
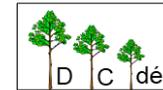
Niveau hydrique



Densité



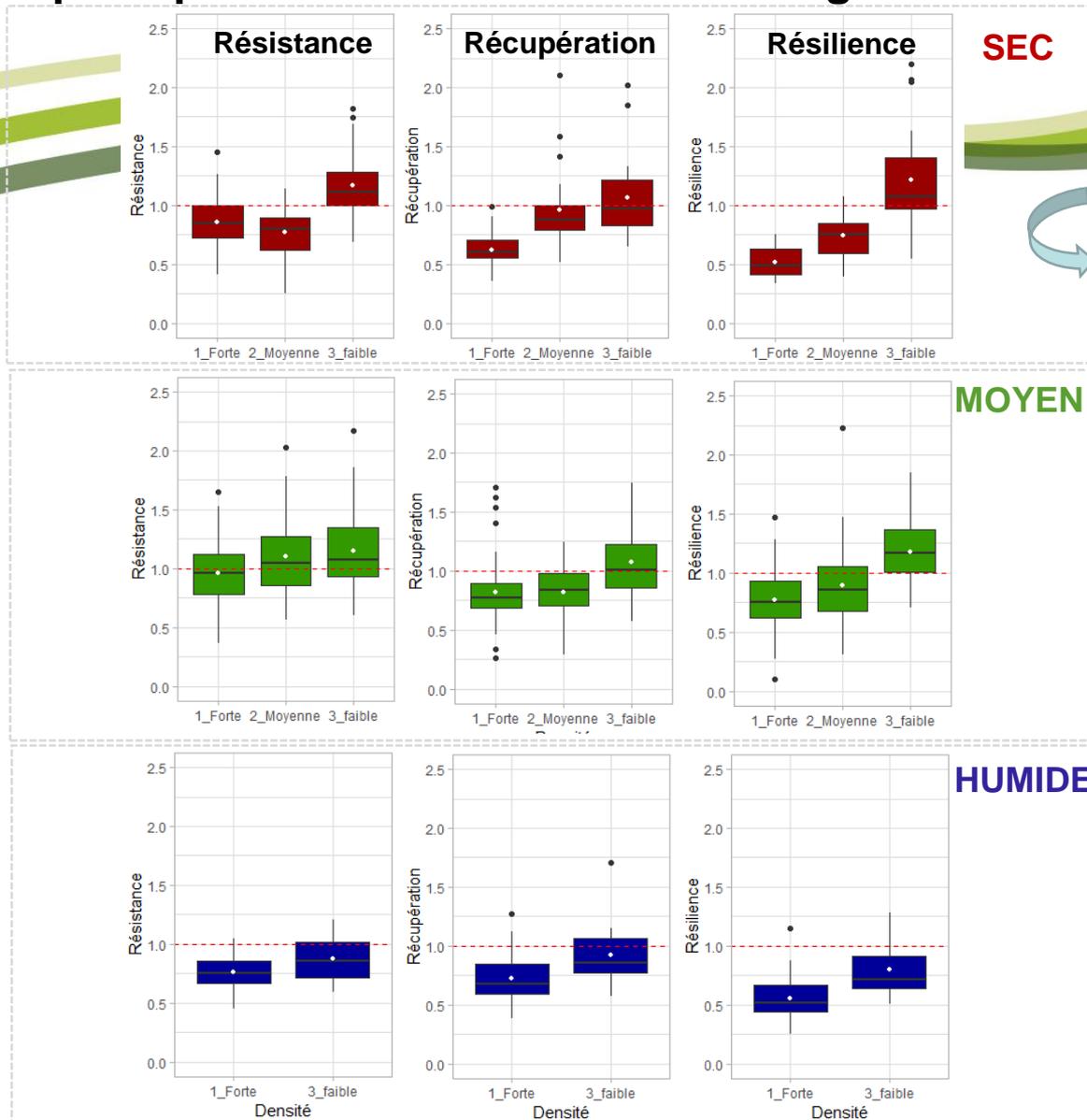
Statut social



Facteur le plus commun : effet (+) temp. hivernale (jan-fév)

# Résultat 3

Réduire la densité améliore Rt, Rc, Rs d'autant plus que les conditions sont contraignantes



SEC

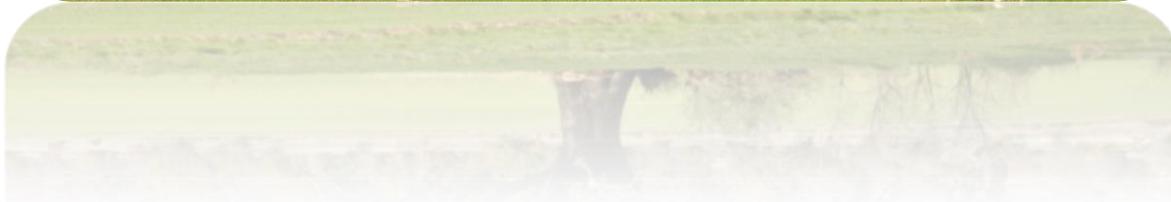


Plus forte réponse des arbres dominés (Rc, Rs)

MOYEN

HUMIDE

## Conclusions et recommandations

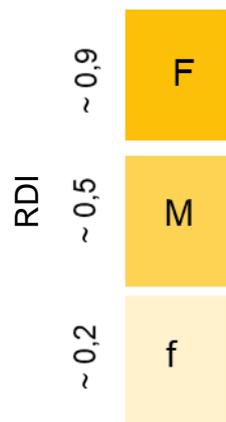




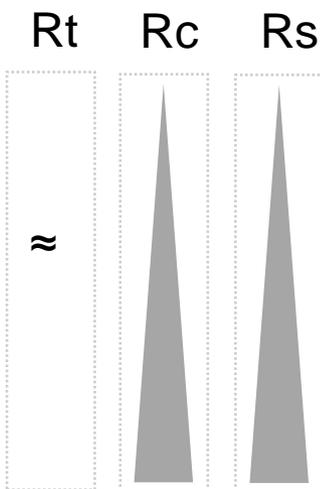
# Réponse aux sécheresses extrêmes

## Synthèse des travaux sur le réseau GIS Coop Chêne

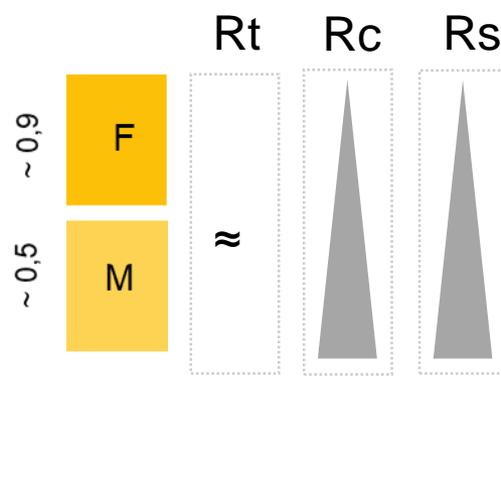
Schmitt, 2017  
Schmitt et al. In prep



2003  
Arbres ~ 20 ans



1976  
Arbres ~ 100 ans



Thèse Trouvé 2015  
Trouvé et al. 2015  
Trouvé et al. 2016  
Lebourgeois et al. 2017

Effet plus fort sur site sec



## Recommandations

1. **Attention aux meilleures stations... moins bonne résilience des arbres**
2. **Réduire la densité (RDI < 0,5) oui mais...**
  - ⇒  $\Delta D > \Delta H$ ... **Changement de forme (arbre plus trapu)** (Trouvé et al. 2015, 2019)
  - ⇒ **Production du peuplement** (Trouvé et al. 2019)
  - ⇒ **Qualité des bois**
3. **Sylviculture plus dynamique sur stations contraignantes**

## Perspectives

- **Formation ingénieur forestier AgroParisTech**
- **Reformulation des lois de croissance dendrométriques**
- **Amélioration des outils d'aide à la décision (Fagacées...)**

**Merci de votre attention  
Et à tous les contributeurs du GIS Coop !**

