



Changement climatique & productivité du sapin, de l'épicéa, du hêtre et du chêne : tendances passées & perspectives à 2100



Jean-François Dhôte (INRA), Jean-Daniel Bontemps (IGN),
Bruno Chopard, Christine Deleuze, Didier François &
Brigitte Musch (ONF)

Objectifs de la présentation

- ❖ Arrière-plan :
 - ❖ de fortes attentes sur nos forêts (économie, emploi, climat, nature...)
 - ❖ des négociations internationales qui les concernent de + en +
 - ❖ incertitude : « que peut-il se passer sous changement climatique ? »
- ❖ Regarder ces questions à travers la productivité des essences forestières comtoises :
 - ❖ **contexte** : de quoi parle-t-on, comment ça nous concerne ?
 - ❖ **actualisation** : quels résultats scientifiques récents pour nos essences ?
 - ➔ quelles actions sont engagées (notamment / ONF) ?



Contexte du changement climatique :
qu'observe-t-on, à quoi s'attend-on ?
que se passe-t-il / scène internationale ?
Programmes Régionaux Forêt-Bois...

1



Proclamation de Marrakech pour l'Action en faveur de notre climat et le Développement Durable

« **Notre climat se réchauffe à un rythme alarmant et sans précédent** et nous avons le **devoir urgent** de répondre.

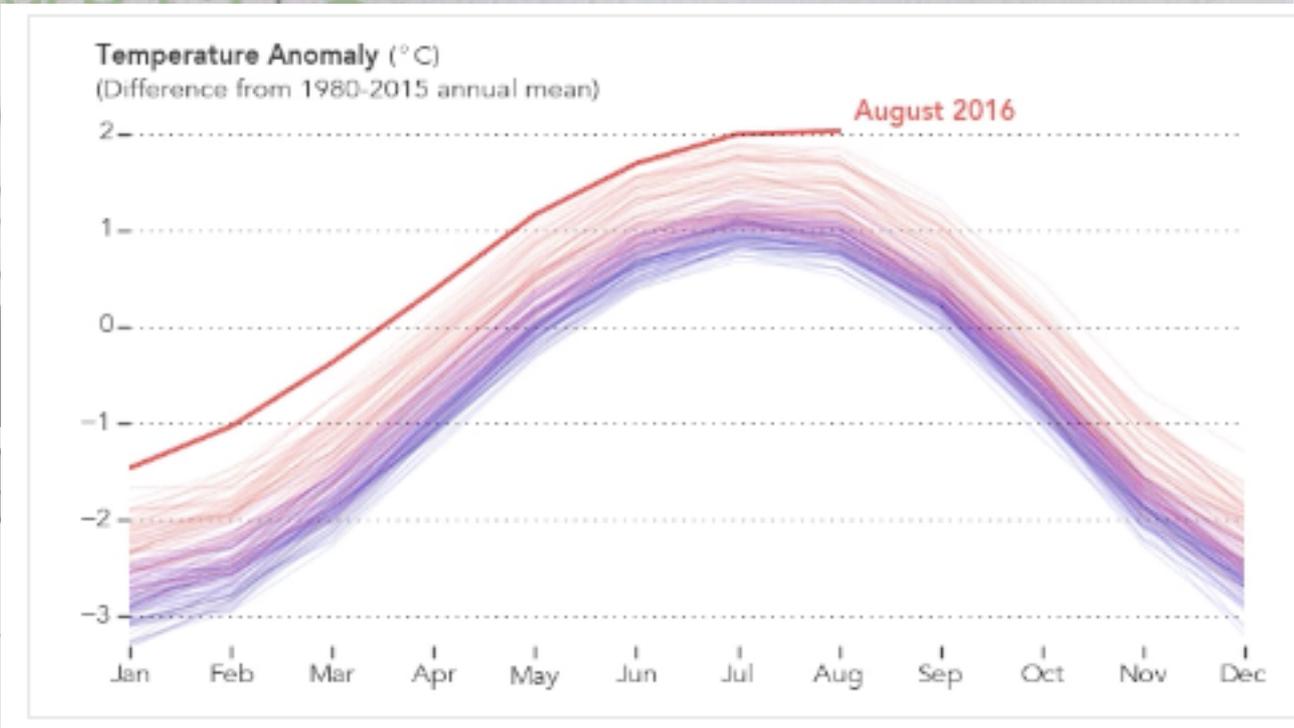
...l'**Accord de Paris** [...] ses objectifs ambitieux, sa nature inclusive, et sa conformité à l'équité et au principe des responsabilités communes mais différenciées et des capacités respectives [...]

En effet, cette année, nous avons assisté, à **un élan extraordinaire** en matière de lutte contre les changements climatiques, partout dans le monde, ainsi que dans de nombreux fora multilatéraux. **Cet élan est irréversible** – il est **guidé** non seulement par les **gouvernements**, mais également par la **science**, par le monde des **entreprises** ainsi que par **une action mondiale** de tous types et à tous niveaux.

Notre tâche aujourd'hui est de **perpétuer cet élan**, ensemble, allant de l'avant délibérément pour **réduire les émissions** de gaz à effet de serre et pour encourager les **efforts en matière d'adaptation** »



MARRAKECH COP22 | CMP12 | CMA1
CONFÉRENCE DES NATIONS UNIES
SUR LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

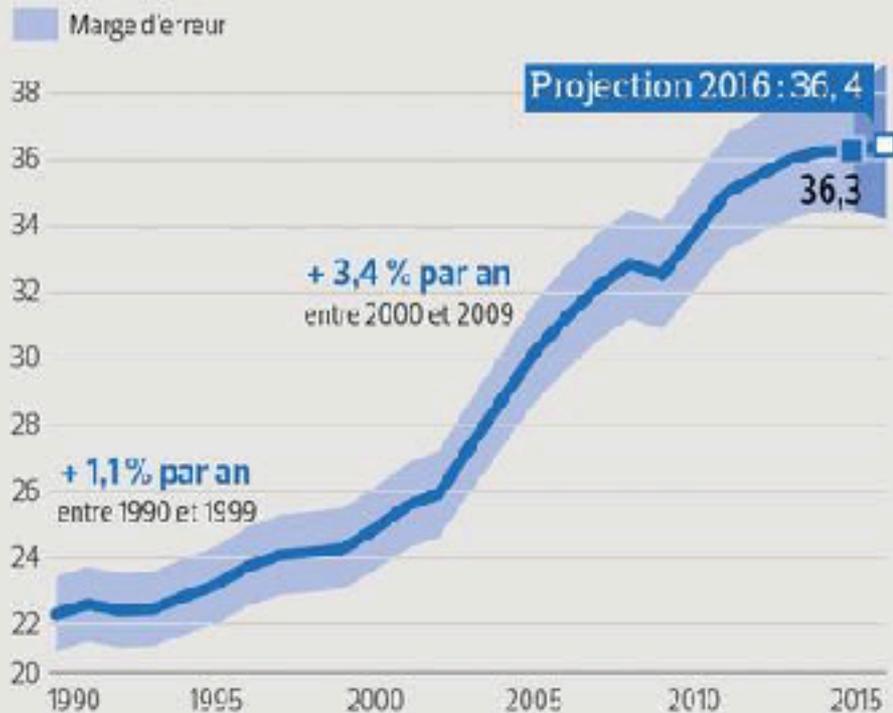


« Notre climat se réchauffe à un rythme alarmant et sans précédent et nous avons le [devoir urgent](#) de répondre.
...l'Accord de Paris [...] ses objectifs ambitieux, sa nature inclusive, et sa conformité à l'équité et au principe des responsabilités communes mais différenciées et des capacités respectives [...]
En effet, cette année, nous avons assisté, à **un élan extraordinaire** en matière de lutte contre les changements climatiques, partout dans le monde, ainsi que dans de nombreux fora multilatéraux. **Cet élan est irréversible** – il est **guidé** non seulement par les **gouvernements**, mais également par la **science**, par le monde des **entreprises** ainsi que par **une action mondiale** de tous types et à tous niveaux.
Notre tâche aujourd'hui est de **perpétuer cet élan**, ensemble, allant de l'avant délibérément pour **réduire les émissions** de gaz à effet de serre et pour encourager les **efforts en matière d'adaptation** »

Depuis 1990, comment évoluent les émissions mondiales de CO₂ (principal gaz à effet de serre) ?

Les émissions mondiales de CO₂...

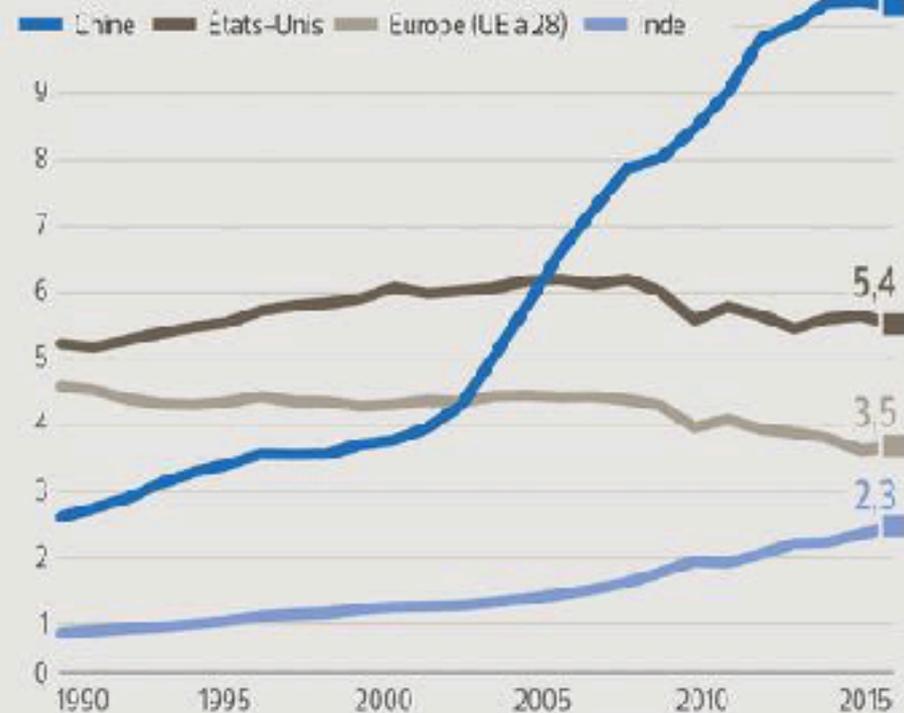
ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS DE CO₂ DEPUIS 1990, en gigatonnes de CO₂ par an



Source : Global Carbon Project

... et celles des quatre plus gros émetteurs*

ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS DE CO₂ DEPUIS 1990, en gigatonnes de CO₂ par an



*59% des émissions mondiales en 2015. Infographie LE FIGARO

Europe : délocalisations

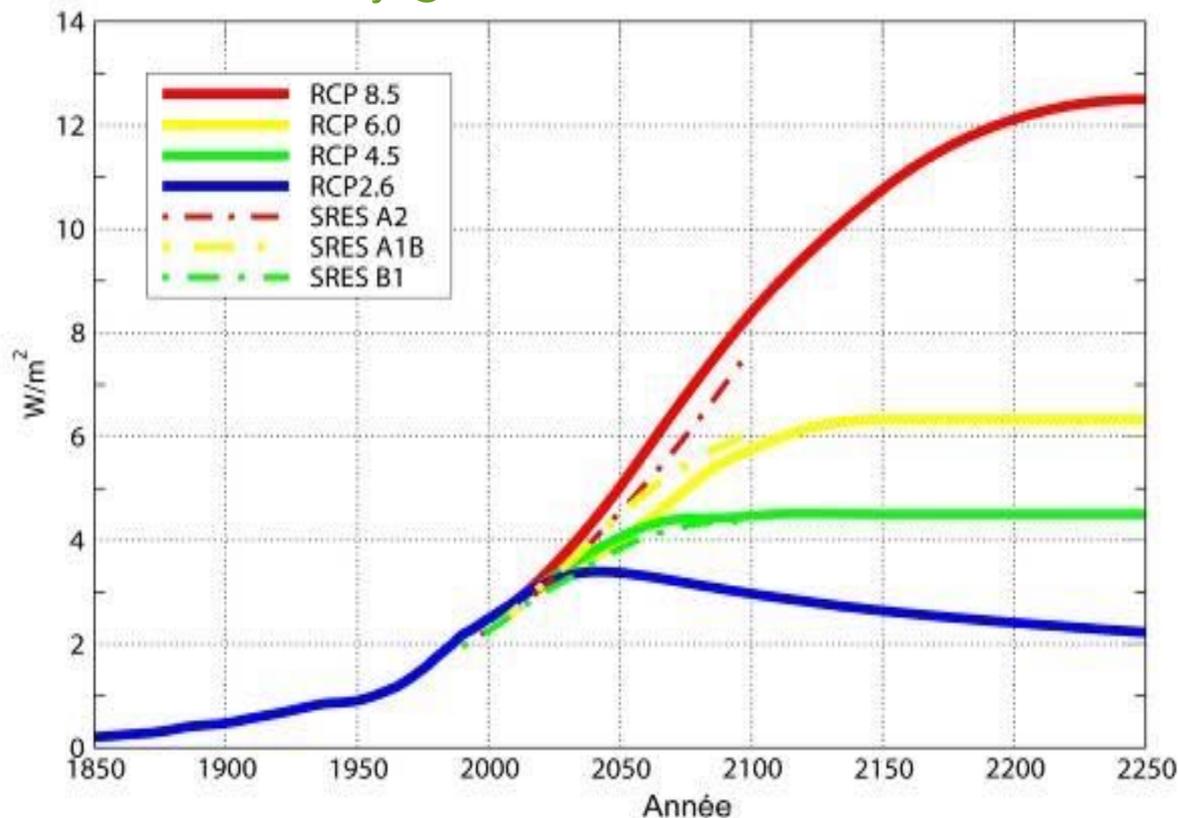
Chine : charbon, circulation, croissance

USA : > gaz de schistes

Inde : ??

Comment pourrait évoluer la force de l'effet de serre jusqu'en 2200 ?

Modification du bilan d'énergie de la planète:
Forçage radiatif en W/m^2



>1370 eq- CO_2 en 2100

~850 eq- CO_2
au niveau de
stabilisation
après 2100

~660 eq- CO_2
au niveau de
stabilisation
après 2100

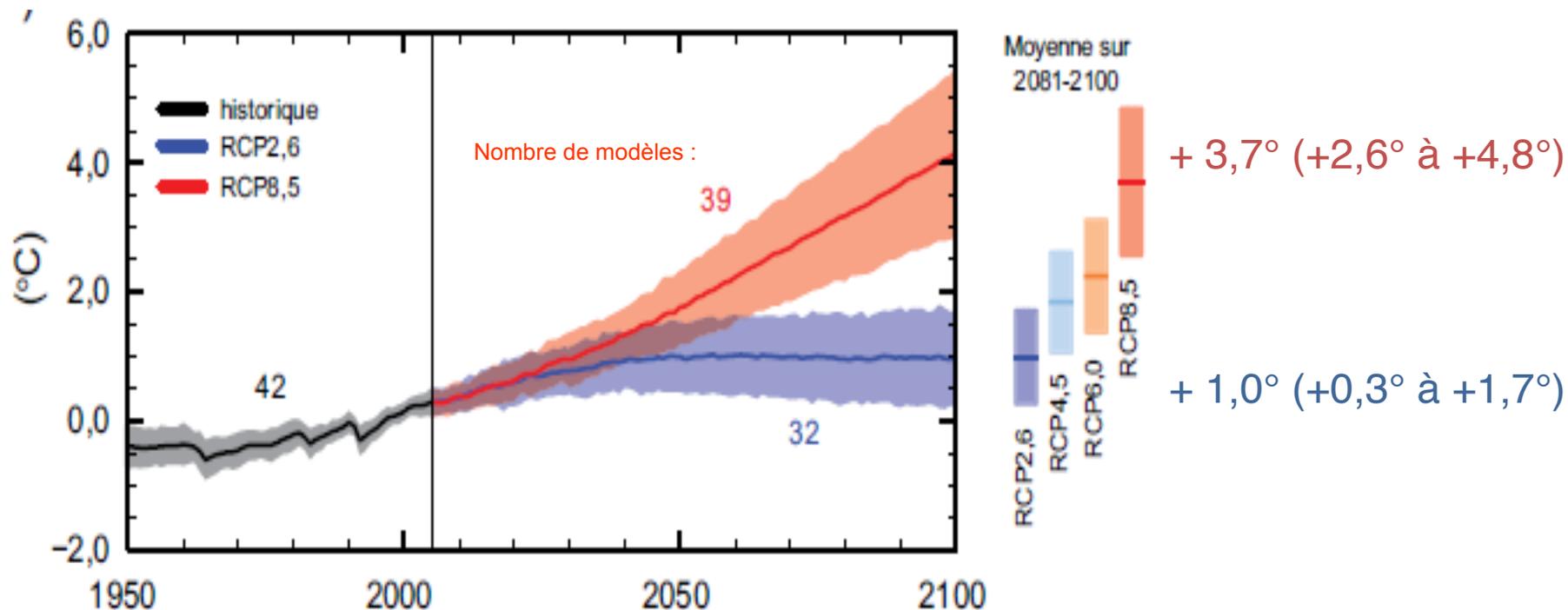
Pic ~490 eq- CO_2
avant 2100 puis
déclin

RCP : Representative Concentration Pathway

Nouveaux scénarios du GIEC

Température moyenne de la planète jusqu'en 2100 cf âges d'exploitabilité de nos espèces

en surface (CIMP5, période de référence 1986-2005)



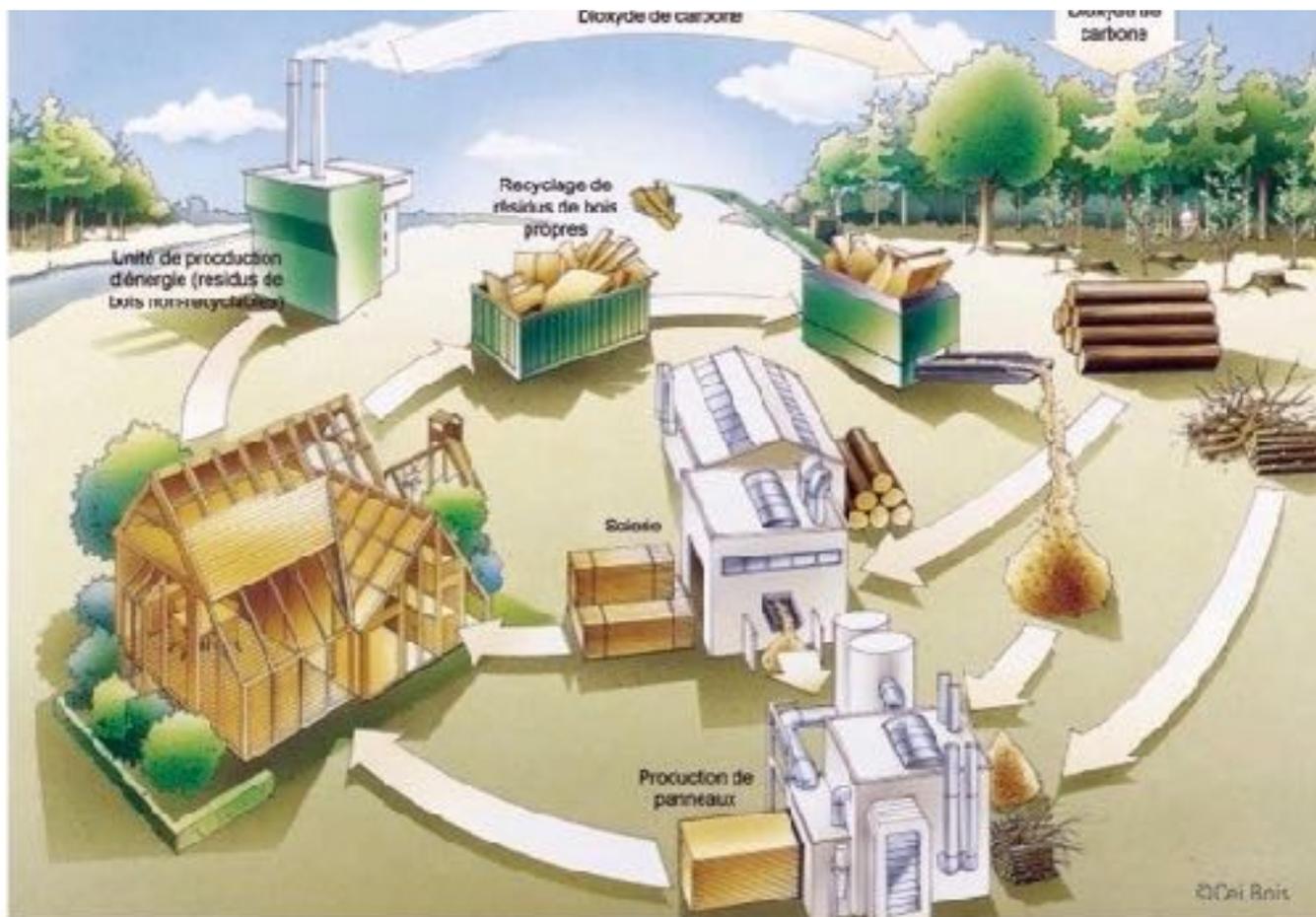
Chêne, 200 ans

Sapin/Hêtre, 130 ans

Épicéa, 80 ans

Douglas, 50 ans

Approvisionner une nouvelle économie en produits agricoles/forestiers (en substitut aux dérivés pétroliers)



LE PROJET FORÊT-BOIS pour la France

bioéconomie, économie circulaire

Le bois, un matériau avec une grande richesse de propriétés & d'usages possibles



comme matériau de construction :
massif, reconstitué et fibres

comme bioénergies
(Besançon Planoise)



comme emballage...
et en chimie, alimentation,
cosmétiques, pharmacie...



©CNDB, 2007



Bioraffinerie
Tembec Tartas

Innover massivement dans la construction-bois : pour réduire + vite nos émissions de gaz à effet de serre

Tree houses: are wooden skyscrapers
the future of tall buildings?



<http://www.adivbois.org>

📷 A render of the wooden structures planned for the Baobab development in Paris. Illustration: Michael Green Architecture

<http://www.theguardian.com/artanddesign/2015/jul/07/tree-houses-are-wooden-skyscrapers-the-future-of-tall-buildings>

Philip Oldfield, The Guardian, 7 July 2015

Mieux valoriser nos forêts, créer de l'emploi diffus & non délocalisable en milieu rural



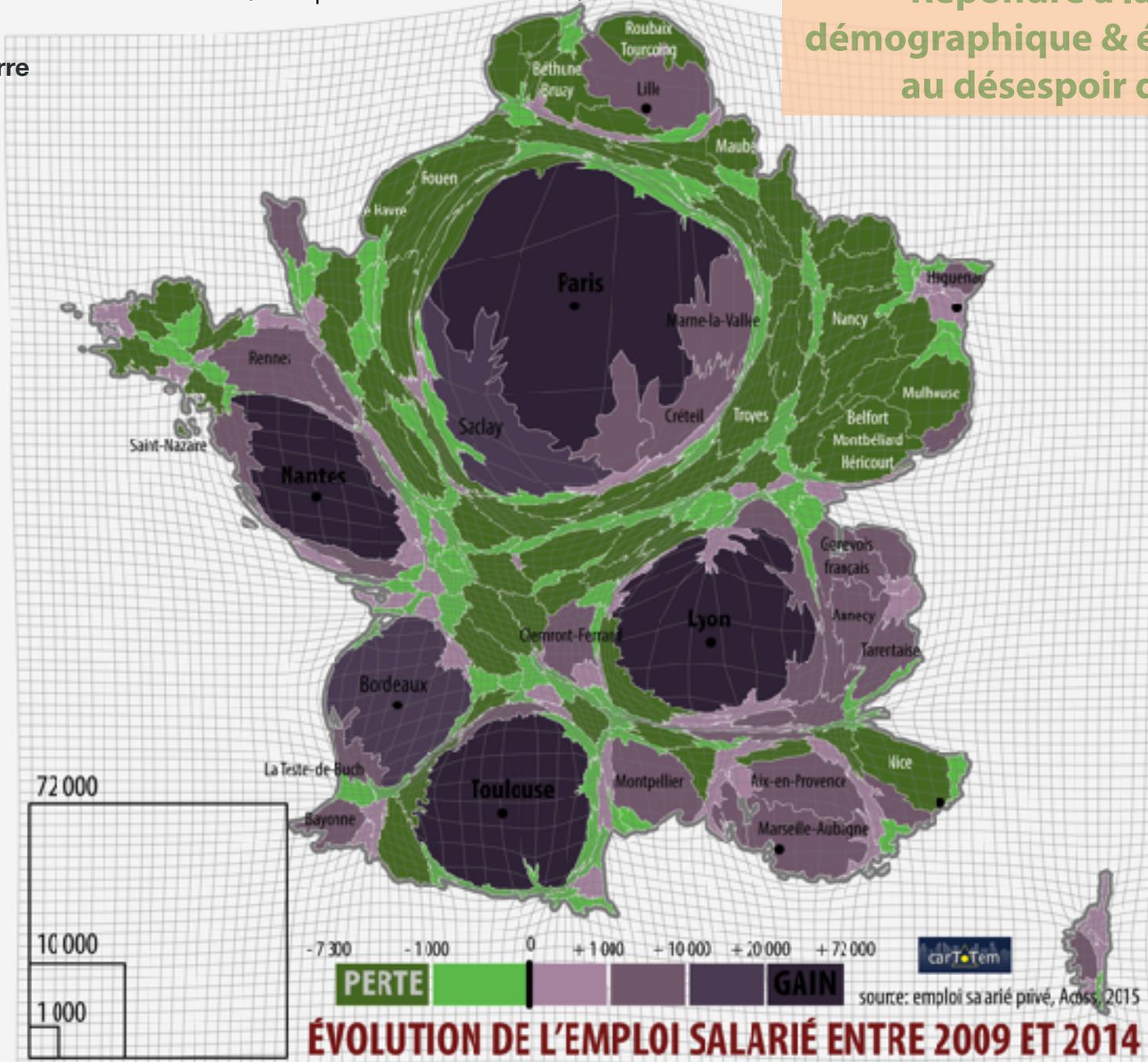
Structure lamellé-collé :
Simonin Frères
(Montlebon, Franche-Comté)

**5 siècles de stockage du C &
valorisation des feuillus
dans la construction**

**Inscrire le bois dans une continuité
historique
Donner du sens, de l'identité territoriale**

Répondre à la déshérence démographique & économique, au désespoir qu'elle induit

via
André Torre
@TorreAndr



2

Impacts du changement climatique : événements extrêmes & crises + tendances dont changements de productivité



(Méga-)Sécheresses

Eté 2003 France

U.S. Drought Monitor
West

September 15, 2015
Released Thursday, Sep. 17, 2015
Valid 8 am EDT

Drought Conditions (Percent Area)

None	D0-D4	D1-D4	D2-D4	D3-D4	D4	
Current	14.60	35.51	14.68	40.60	36.51	3.65
Last Week	24.66	35.23	19.67	40.69	26.71	7.62
3 Months Ago	27.00	22.07	14.17	31.40	17.11	7.04
Start of Calendar Year	34.70	65.24	14.46	32.50	19.01	5.40
Start of Winter (Nov)	31.46	64.23	10.27	32.00	18.44	6.60
One Year Ago	28.74	70.26	17.24	30.69	19.01	6.60

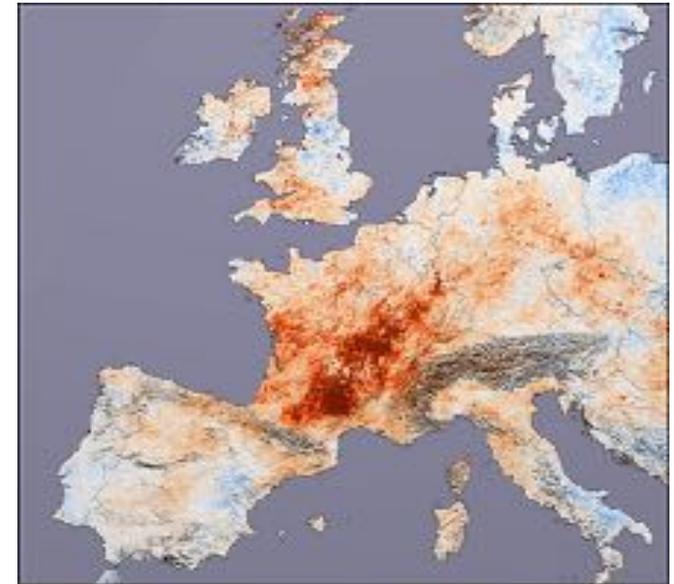
Intensity:

- D0: Moderate Drought
- D1: Severe Drought
- D2: Extreme Drought
- D3: Exceptional Drought
- D4: Catastrophic Drought
- T1: Extreme Wetness

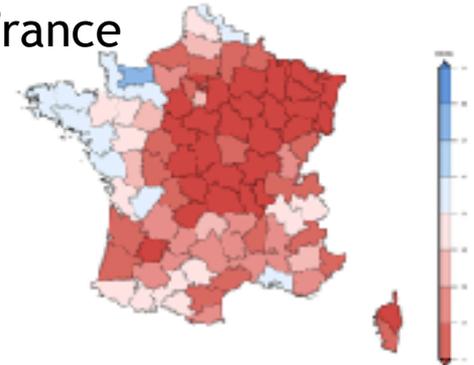
The Drought Monitor is based on traditional conditions. Local conditions may vary. See accompanying text on our site for forecast observations.

Author:

Chris Ferrel
NOAA/NCEP/NCDC

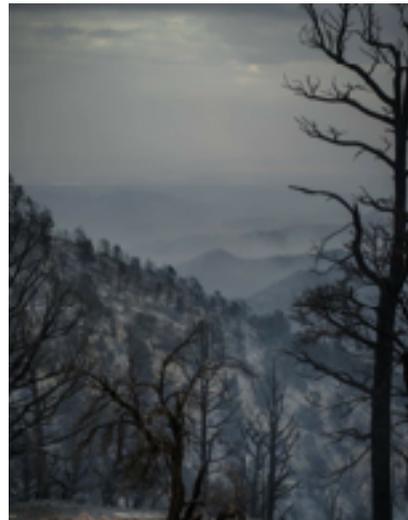


Eté 2015 France



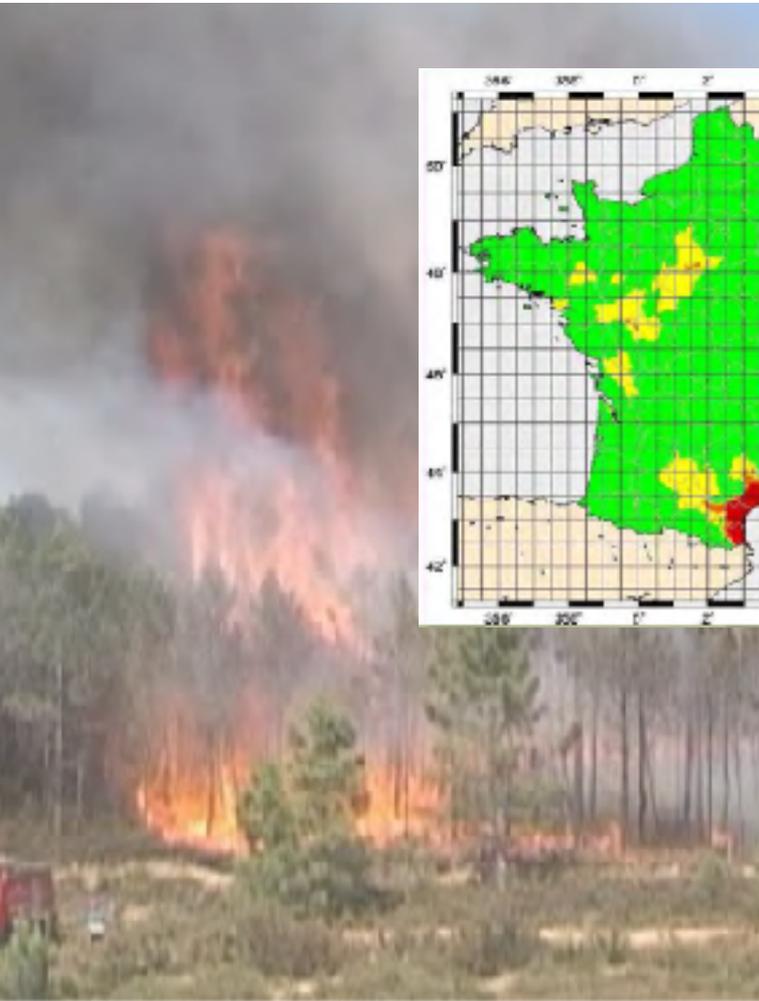
Météo France

Table: 20150705 - Données: 20150705_07050101

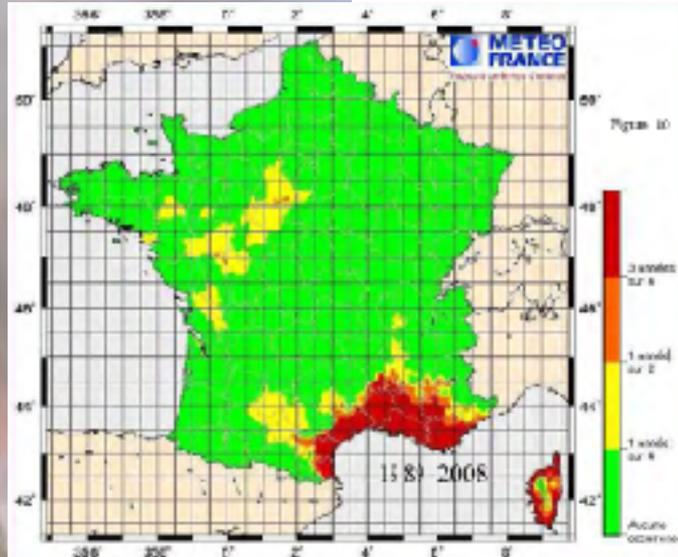


Source : N. Bréda, 2015

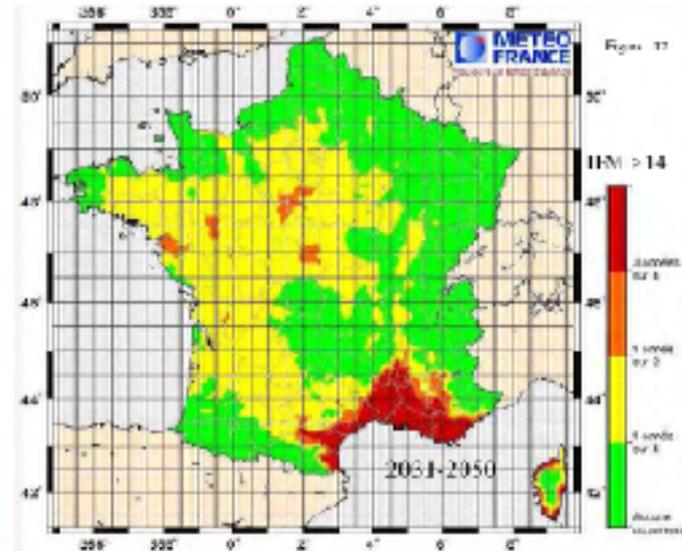
Extension du domaine + aggravation des incendies



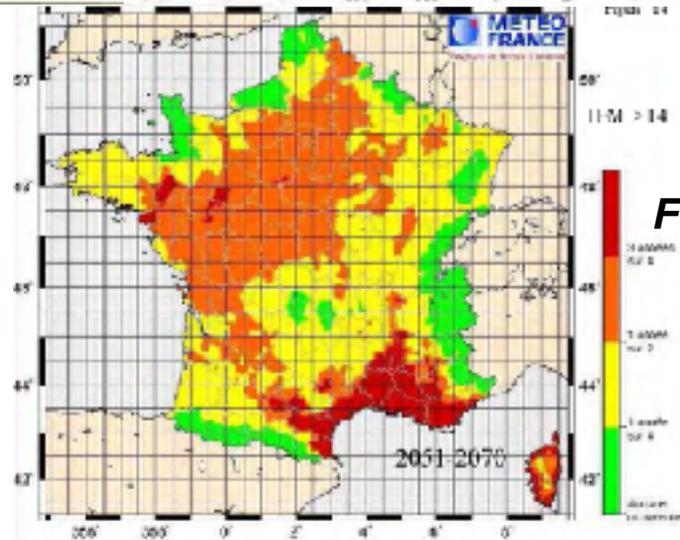
Actuel



Futur proche



Futur lointain



Source : Mission interministérielle, Chatry et al. (2010) ; É. Rigolot (2015)

Explosion dégâts du Dendroctone/pins (USA, Canada)

Prelude to Disaster

1990-1996



Into the Jack Pine

2007-2013

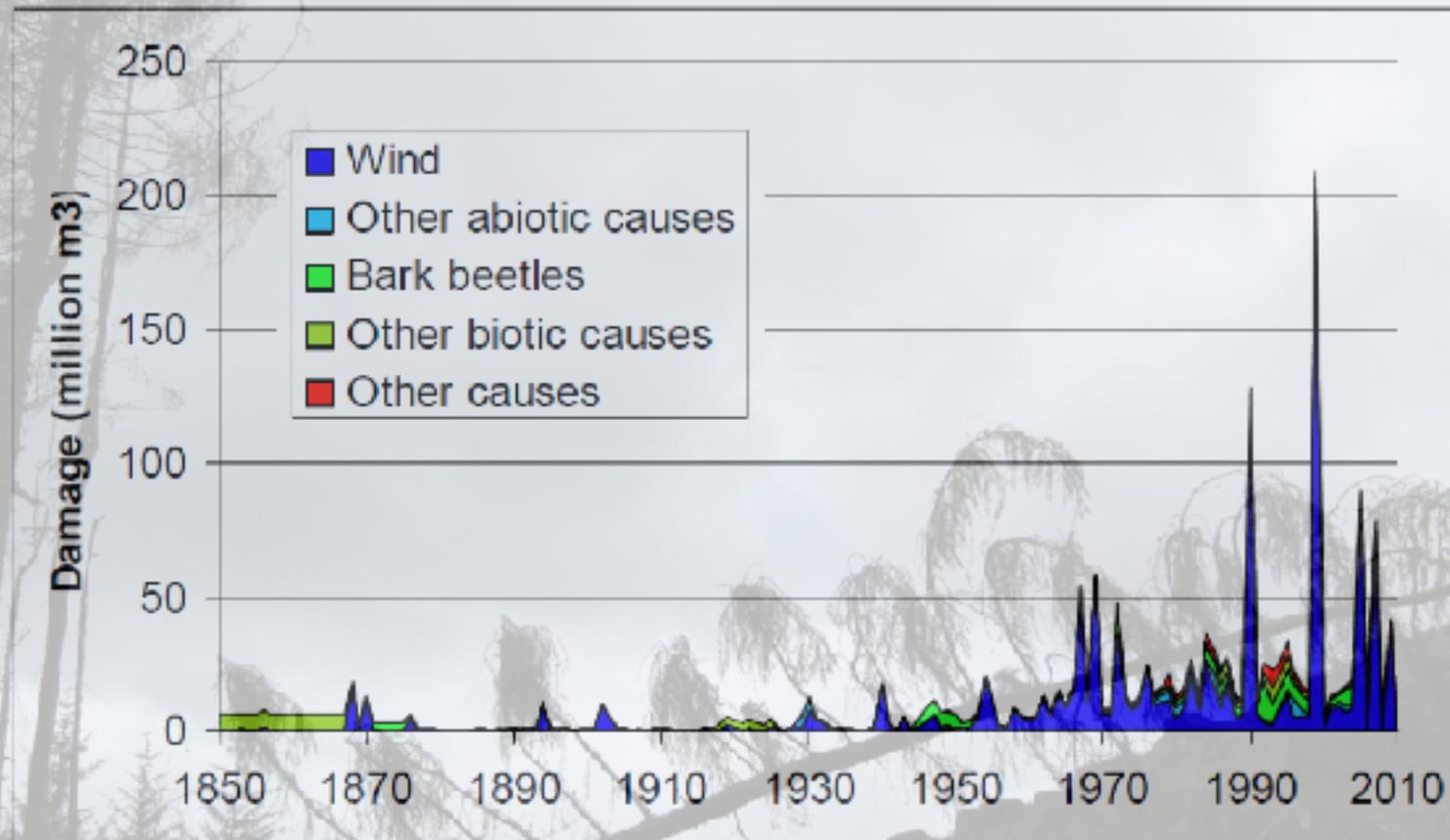


Mountain Pine Beetle outbreak in Western North America

Source : <http://ngm.nationalgeographic.com/2015/04/pine-beetles/epidemic-map>

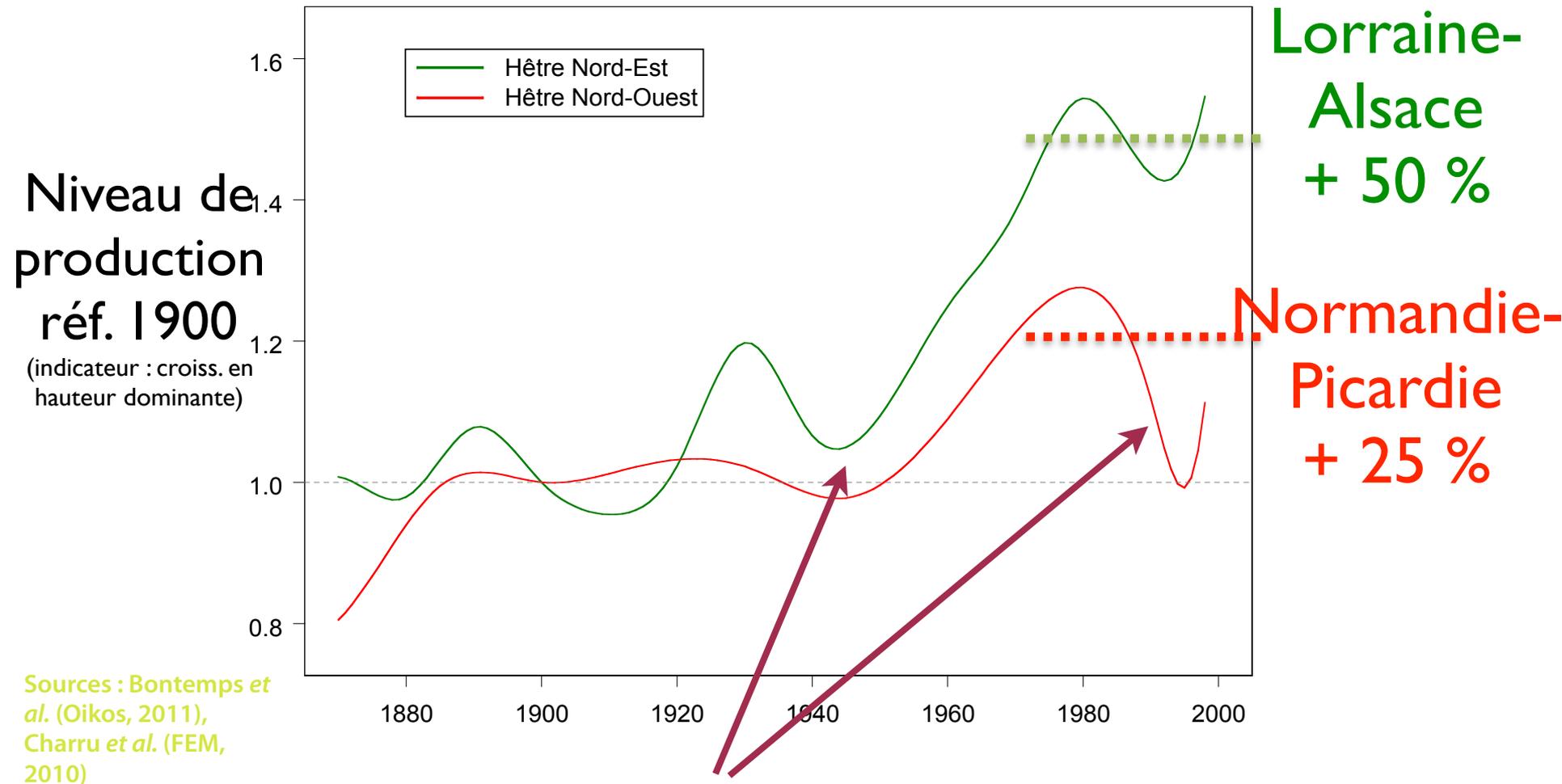
En Europe, les tempêtes prédominent, deviennent + fréquentes & + destructrices

disturbances are increasing at continental scale

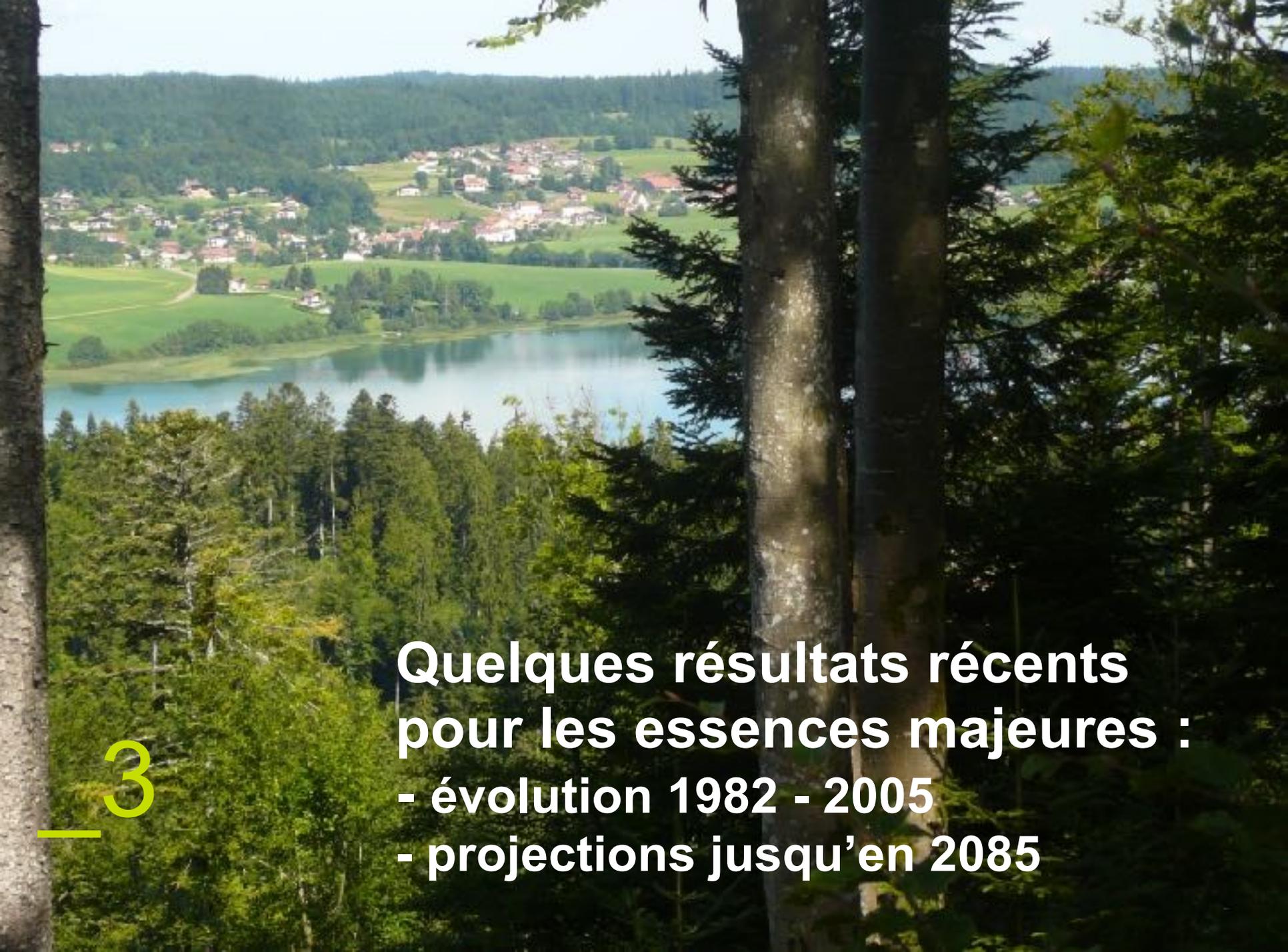


source: Schelhaas (2008), Gardiner et al (2010)

Productivité du Hêtre : forte accélération après 1940



- ▶ des crises liées aux **sécheresses** répétées
- ▶ un rôle important attribué aux **dépôts atmosphériques azotés**



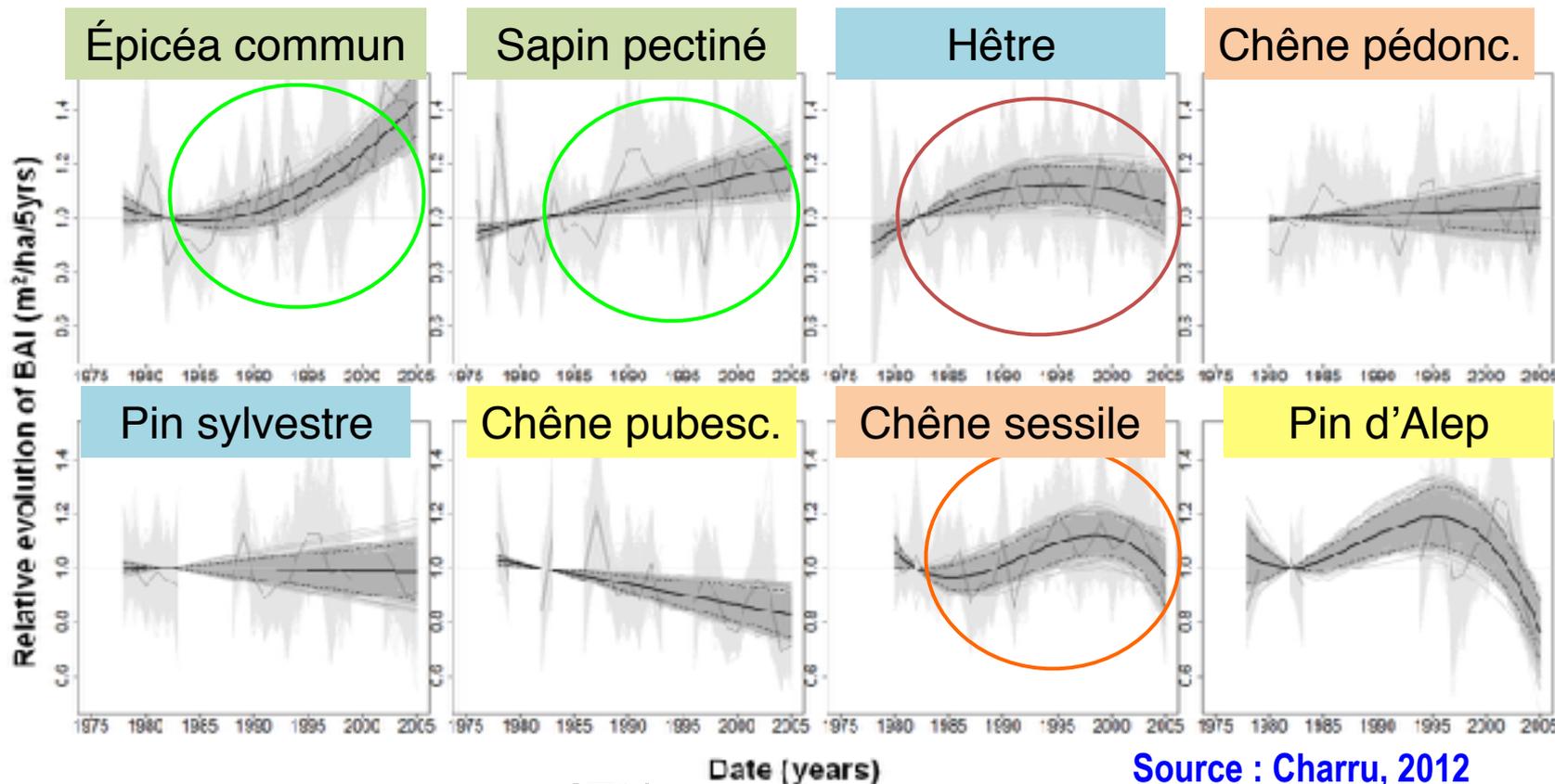
**Quelques résultats récents
pour les essences majeures :**

- évolution 1982 - 2005
- projections jusqu'en 2085

3

Chgts de productivité France entière, 1982-2005

➤ **+42%** montagnardes généralistes tempérées/plaine



➤ **-17%**

méditerranéennes

- ▶ depuis 30 ans, rôle important du changement climatique
- ▶ accélération si t° initiale faible, Pluies importantes, forte variation de t°

Variations entre régions pour l'épicéa commun : ≈ +15% pour le Jura

- Massif Central, Alpes, Jura
- de + 15% à +60% en 30 ans

Source : Charru et al, 2014 (Trees)

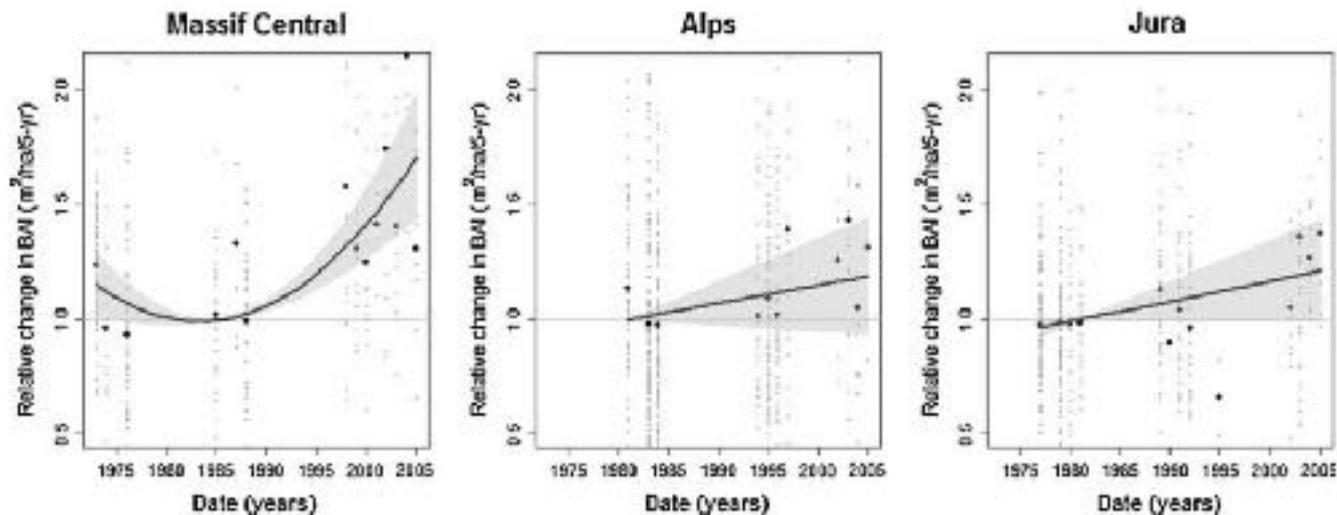
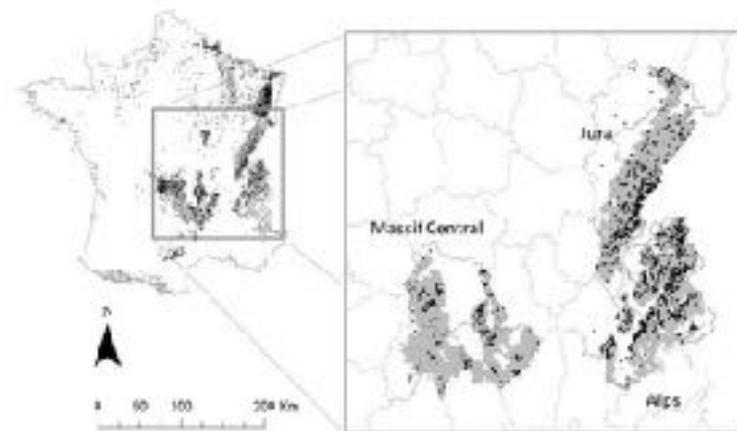
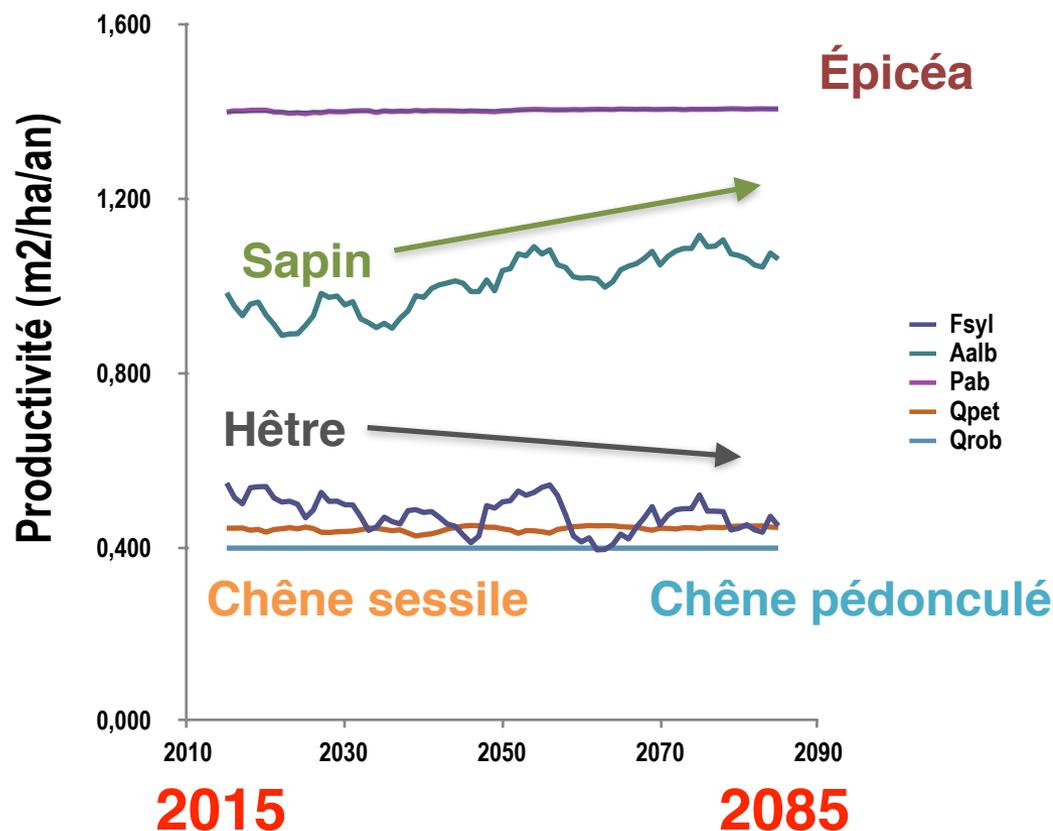


Fig. 2 Historical BAI changes relative to the reference year 1981 for Norway spruce in the three regional contexts under study (Figs. 7 and 8, black lines). Grey dots correspond to the partial residuals of data. Black dots correspond to annual averages of these partial residuals.

The grey areas correspond to the 95 % level bilateral confidence intervals for the fitted trends relatively to the reference year 1981 for which they reach 1 by construction.

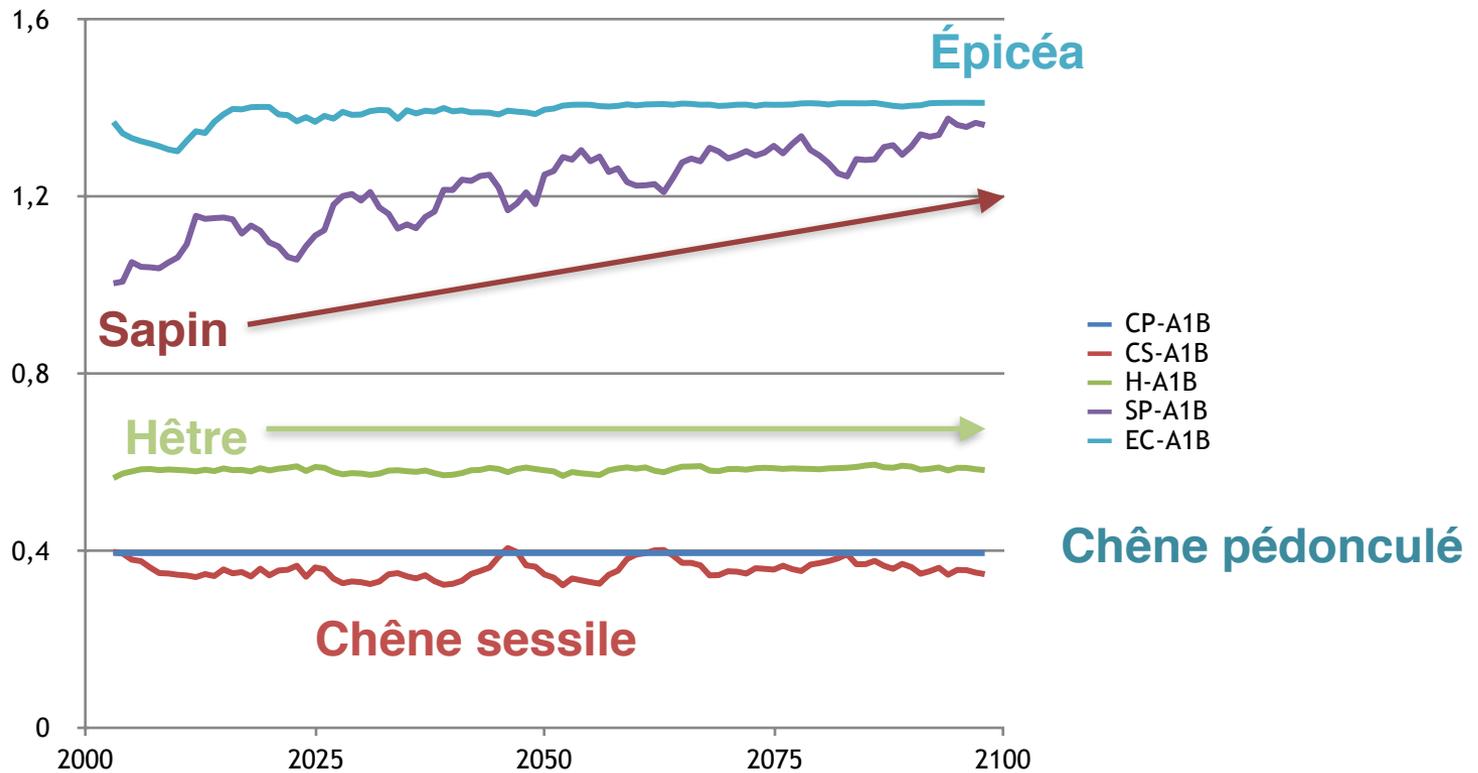
Productivité France entière, projections > 2085

Espèce	Changement (21e siècle)
Sapin pectiné	27.9%
Chêne sessile	2.5%
Epicéa	0.7%
Chêne pédonculé	0
Hêtre	-15.4%



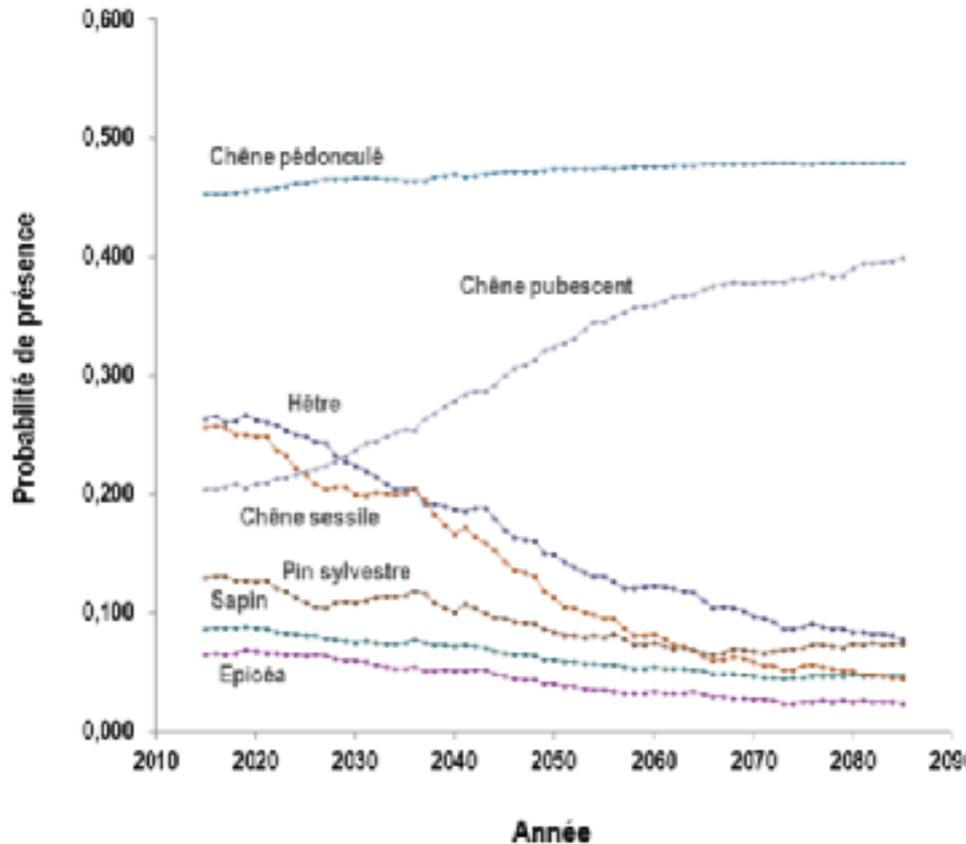
Productivité en surface terrière,
périodes de 5 ans glissantes
modèle Arpège, scénario A1B

Productivité Franche-Comté, projections > 2085

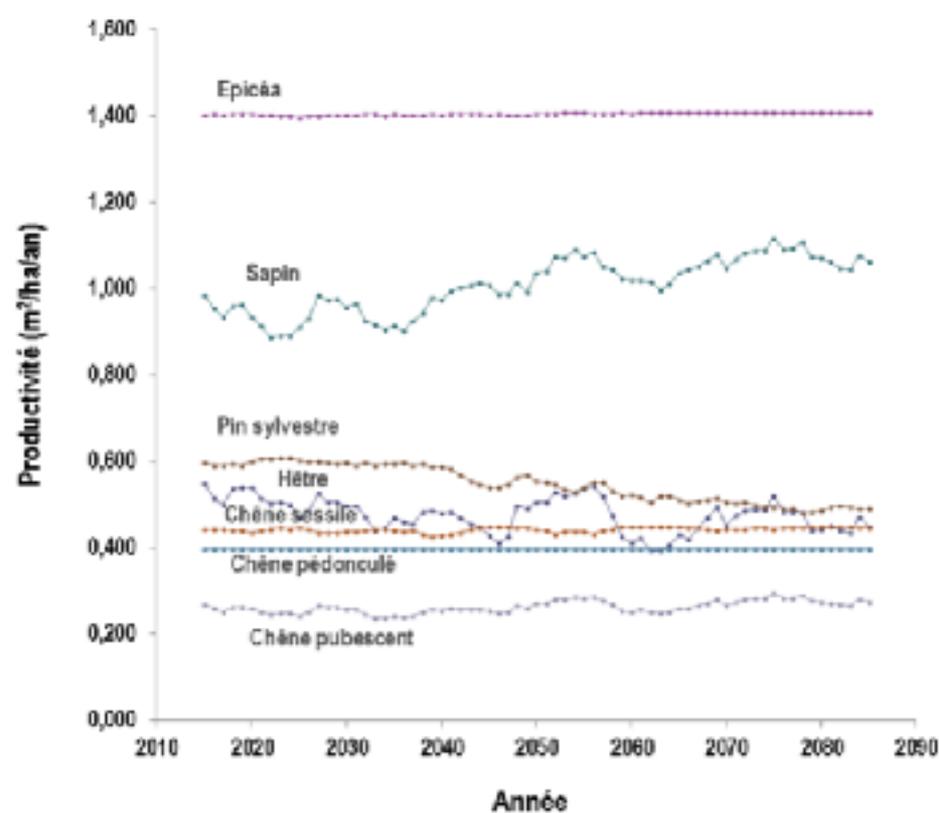


Projections France entière > 2085 : aire de présence de l'espèce \neq productivité

Probabilité de présence de l'espèce



Productivité de l'espèce



- ▶ des facteurs climatiques différents contrôlent les 2 phénomènes
- ▶ présence de l'espèce : très sensible aux facteurs non climatiques

Aire attendue du Sapin :
rouge = absent, vert = présent

2015

2025

2035

2045

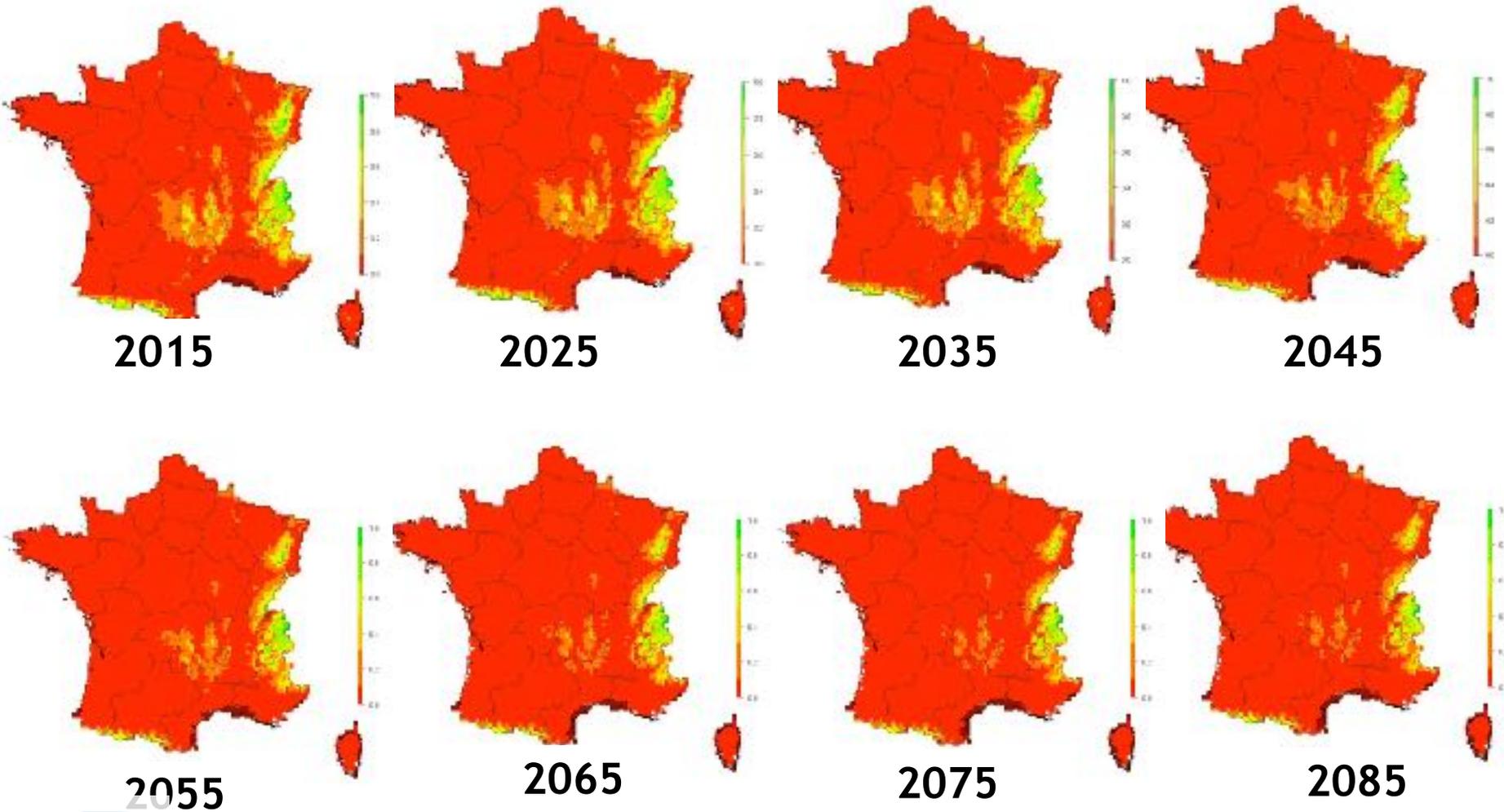
2055

2065

2075

2085

Aire attendue du Sapin : rouge = absent, vert = présent





4 Un exemple d'action ONF:
gestion des ressources génétiques



Projet national Ressources Génétiques Forestières

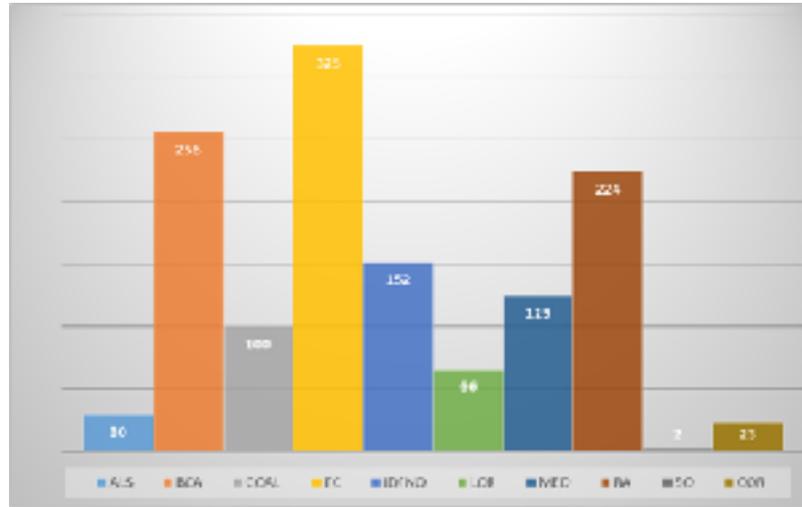
Enquête nationale sur les essences introduites

- **Feuillus:**
 - 261 peuplements (20%) pour 20 genres et 37 espèces
 - Les 5 genres les plus recensés par ordre décroissant sont Quercus, Acer, Castanea, Juglans et Fagus; ils représentent 80 % des peuplements feuillus.

- **Résineux :**
 - 1042 peuplements (80 %) pour 16 genres représentés et 52 espèces
 - Les 5 genres les plus recensés par ordre décroissant sont Pinus, Abies, Larix, Cedrus et Pseudotsuga; ils représentent 90 % des peuplements résineux.
 - Quelques essences atypiques :
 - ✓ **Sapin de Cilicie** sur le 1^{er} plateau du Jura,
 - ✓ **Pin maritime** en Haute-Saône, dans l'Ain et à Compiègne,
 - ✓ **Sapin de Turquie** dans le Jura et l'Ain



Carte des peuplements recensés (B. Croisille)



Nombre de peuplements recensés par DT (B. Croisille)

Globalement, une large majorité d'essences autochtones en dehors de leur contexte écologique...et quelques exotiques



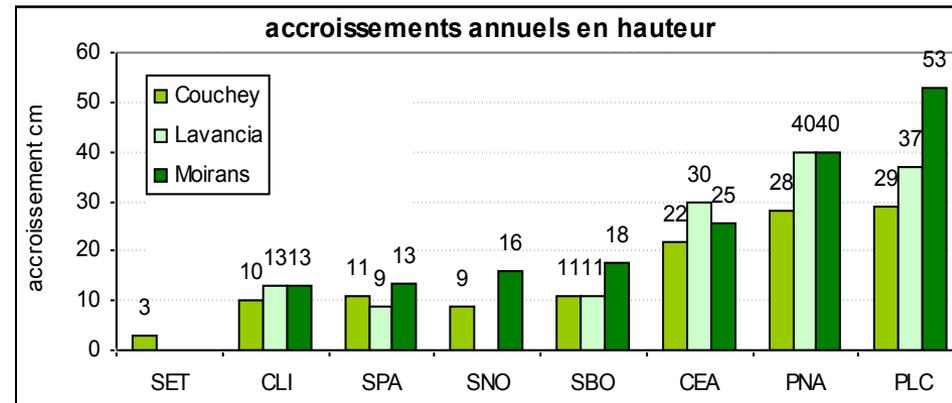
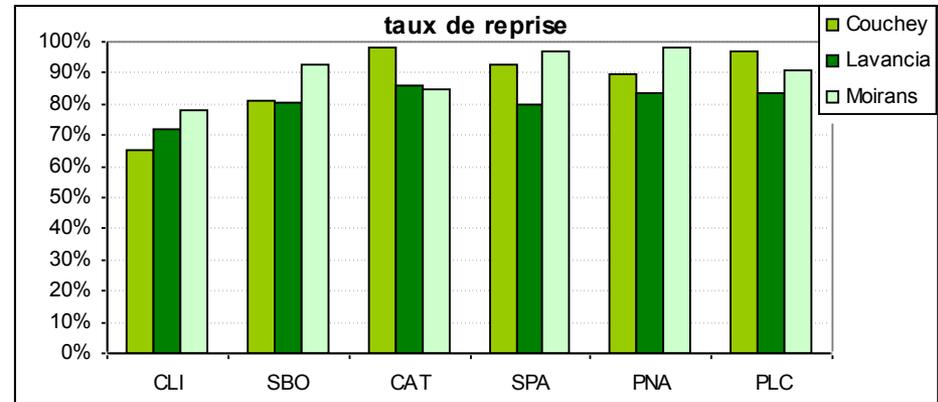
Essais de 8 essences méditerranéennes (plant. 1992-95)

- Petite Montagne Jurassienne (Lavancia-Moirans, 39)
& Côte Bourguignonne (Couchey – 21)
- Sols secs superficiels

- ✓ CEDRE ATLAS
- ✓ CEDRE LIBAN
- ✓ PIN LARICIO CALABRE
- ✓ PIN NOIR D'AUTRICHE
- ✓ SAPIN PECTINE Alpes sèches
- ✓ SAPIN NORDMANN
- ✓ SAPIN BORNMULLER
- ✓ SAPIN EQUI TROJANI (Couchey)

Résultats

- Faible croissance pour les sapins
- Forte concurrence frêne-buis : coût dégagements
- Abroustissement des sapins
- Bons résultats pour le cèdre de l'Atlas
- Démarrage des sapins après 12 ans (sauf equi trojani)





Recherche : nouveaux essais tests d'espèces

Test d'introduction d'essences résineuses sur station calcaire superficielle – FD du Plachet (52)

- Essai mis en place en 2015
- 14 espèces/provenances
- Reliquat REINFORCE pour certaines essences
- 4 blocs fonction de la profondeur du sol
- Unité expérimentale de 25 plants
- En marge de l'essai quelques peuplements anciens : essai mélèze INRA, peuplement de sapin de Bornmuller de 40 ans, peuplement de pin laricio
- Test de provenances de douglas (réseau VAG douglas) mis en place sur la même parcelle en 2015

- Un réseau national en projet sur un gradient sud-ouest nord-est selon les enjeux climatiques
- Des crash-tests dans les régions sud

CATL	Cèdre de l'Atlas
SPEC	Sapin pectiné
SNOR	Sapin de Nordmann
SCEP	Sapin de Céphalonie
SNOB	Sapin noble
CDEC	Calocèdre decurrens
PLCA	Pin laricio de Calabre
PLCO	Pin laricio de Corse
PMAR	Pin maritime
PPON	Pin ponderosa
PSYL	Pin sylvestre
SSEM	Séquoia toujours vert
DBAR	Douglas bleu
DVNM	Douglas vert
TPLI	Thuya plicata



■ Prospective : installation possible du douglas sur calcaire ?

- Enquête : + de 193 peuplements en Bourgogne, Champagne-Ardennes et Franche Comté
- Sources : aménagements et coupes
- Description de peuplements et références climatiques
- Variables de jugement : état sanitaire et productivité

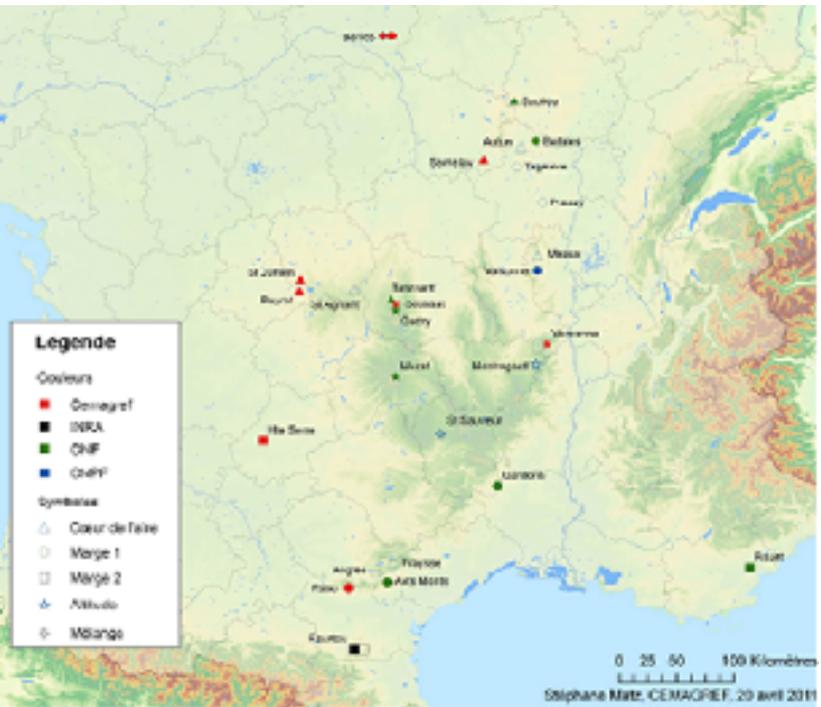


*Douglas sur calcaire FP (25) -
Photo RDI Dole*

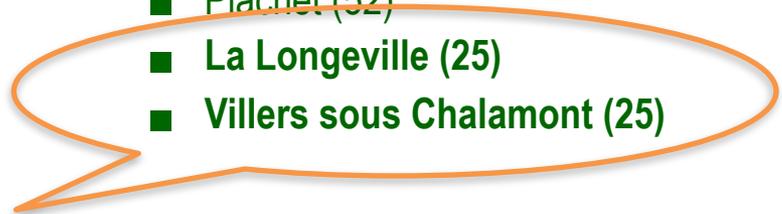
*Douglas et mélèze sur calcaire (01) -
Photo RDI Dole*



Évaluation des vergers-à-graines de douglas



- Questions : quelle adaptation sur stations sèches et en altitude ? Quelles performances ?
- Réseau installé à partir de 2008
- 4 partenaires : ONF, IRSTEA, INRA, CNPF
- 8 vergers français évalués et un témoin servant de référence (Washington SZ 403)
- Moyens :
 - Fin 2012, 27 dispositifs (8 sites suivis par ONF) : cœur de l'aire, altitude, marge sèche, climat méditerranéen
 - 4 nouveaux sites sur stations calcaires :
 - Clairvaux (10)
 - Plachet (52)
 - **La Longeville (25)**
 - **Villers sous Chalamont (25)**



Le projet GIONO : apprendre et s'adapter en expérimentant



Projet GIONO

■ **Vulnérabilité des populations en limite Sud de l'aire de distribution**

- surveillance/repérage des vulnérabilités
- récolte de graines & sauvegarde

■ **Applications possibles :**

- conserver ces ressources génétiques
- les planter en cœur d'aire pour augmenter la diversité génétique des populations
- soutenir l'adaptation locale des espèces en place (infuser des patrimoines génétiques + performants / climats + secs)



5 Conclusions

Synthèse pour
décideurs

#FBR2025

Plan recherche & innovation 2025

filière forêt~bois

Rapport commandé par :

Ministère de l'éducation nationale, de l'enseignement supérieur et de la recherche

Ministère de l'environnement, de l'énergie et de la mer

Ministère du logement et de l'habitat durable

Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt

Ministère de l'économie, de l'industrie et du numérique

Avril 2016

Les missionnés



Antoine
d'Amecourt



François
Houllier



Pierre-René
Lemas



Jean-Claude
Séve



Plan recherche & innovation 2025 filière forêt-bois
Architecture du Plan RDI 2025

#FBRI2025

3 Priorités

A **Accroître les performances du secteur
par des approches systèmes**

5 projets - 10 actions

B **Développer les usages du bois et les nouveaux
usages du bois dans une perspective bioéconomique
en renforçant la compétitivité industrielle**

4 projets - 9 actions

C **Adapter la forêt et préparer les ressources forestières
du futur**

4 projets - 10 actions

Quelques messages « à rapporter à la maison » pour faire face au changement climatique

- ❖ La forêt est très sollicitée, elle **va changer** :
 - ❖ **espèces/situations comptent** : tempérament, besoins écolo.
 - ❖ **les connaissances évoluent** : R&D, formation, experts/climat
 - ❖ un **levier essentiel** : choix des ressources génétiques
 - ❖ une **opportunité** : essor de la bioéconomie
- ❖ Privilégier une attitude d'**adaptation pro-active** au CC :
 - ❖ plutôt que passive (faire confiance à la nature toute seule)
 - ❖ plutôt que réactive (attendre les dégâts avant d'agir)
- ❖ Se regrouper et **être solidaires** entre collectivités & organismes :
 - ❖ pour **apprendre ensemble** et plus vite...
 - ❖ pour amortir & **répartir les risques** (yc ceux associés à l'expérimentation)



Merci pour
votre attention



Crédits photo : ONF, CNDB,
Ville de Besançon, Claude Dhôte,
Solène Dhôte, Jean-François Dhôte