



# Impacts du changement climatique sur la phénologie des arbres forestiers et leurs conséquences sur leur survie et fonctionnement

François Lebourgeois<sup>1</sup>, Isabelle Chuine<sup>2</sup>, Michel Vennetier<sup>3</sup>

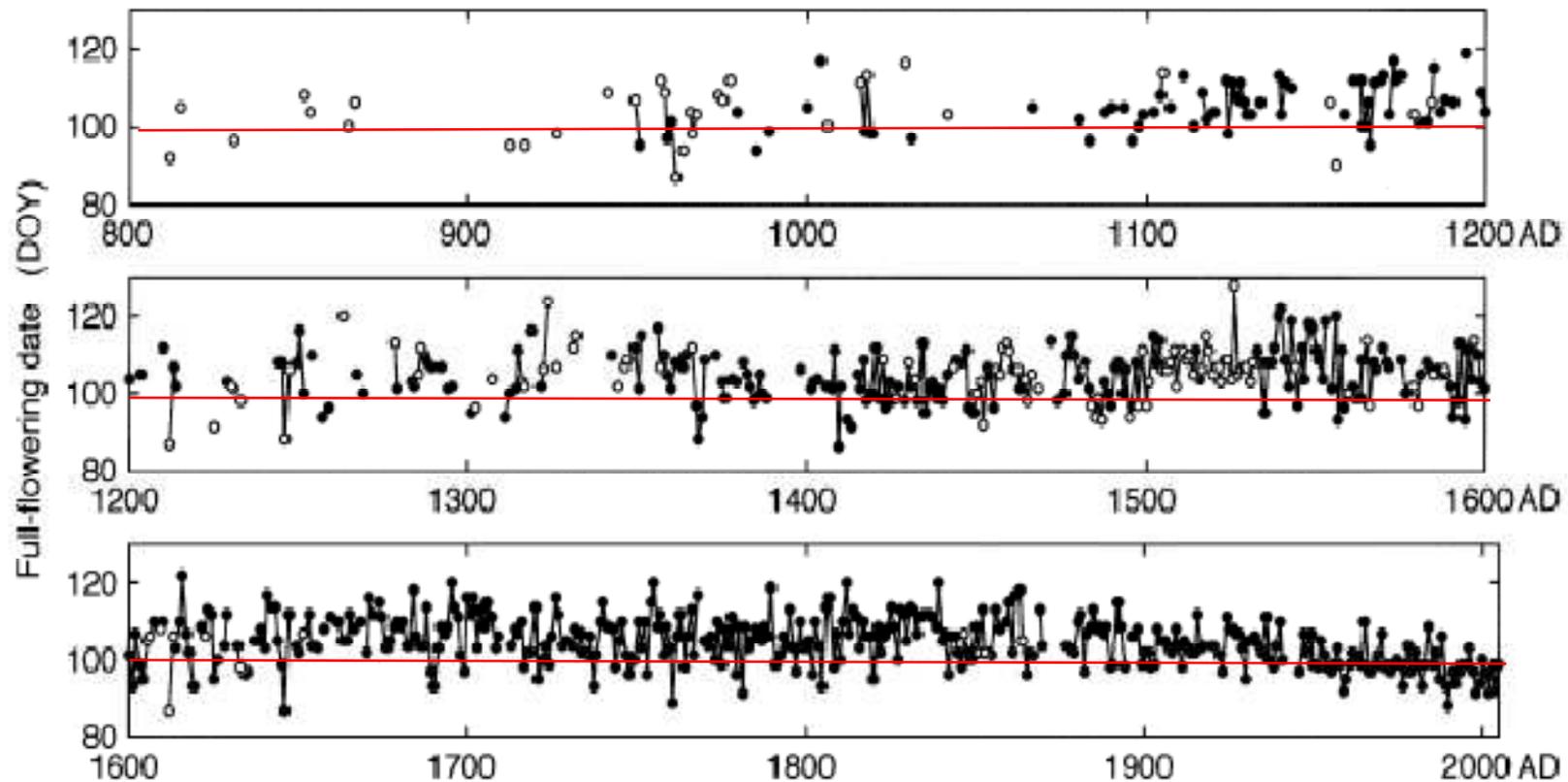
1. LERFOB, AgroParisTech, ENGREF, Nancy
2. CEFE, CNRS, Montpellier
3. EMAX, CEMAGREF Aix-en-Provence

# Plan de l'exposé

1. Sources et base de données
2. Les modifications déjà observées
3. Conséquences sur les écosystèmes

## Les sources historiques

- Dates de floraison des *Prunus Jamasakura* (« Sakura ») à Kyoto (depuis IX e siècle)
- Dates de vendange en Bourgogne (1370 à l'actuel)
- Série de la famille Marsham en Angleterre (1736-1947) (Sparks and Carey, 1995, Journal of Ecology)
- Réseau Suisse (depuis 1702) (Rutishauser et al., 2009, Climate Research)



Aono and Kazui, 2008, International Journal of Climatology

## Les sources plus récentes

- **Parcs Saint-Maur et Versailles**

*floraison de 200 espèces en plantations ornementales sur la période 1884-1950*

- **Office National des Forêts**

*débourrement de 80 espèces en conditions naturelles sur la période 1884-1950*

*1 à 65 sites selon les espèces*

- **Météorologie Nationale** (de 1880 à 1950 ou 1970 ; 1 site 1880-2000)

*plus de 100 populations naturelles ; 180 espèces*

- **6423 stations International Phenological Gardens**

*(clones depuis 1960)*

- **INRA Phéno-Clim**

*(28 plantations fruitières ; floraison ; 10 à 50 ans)*

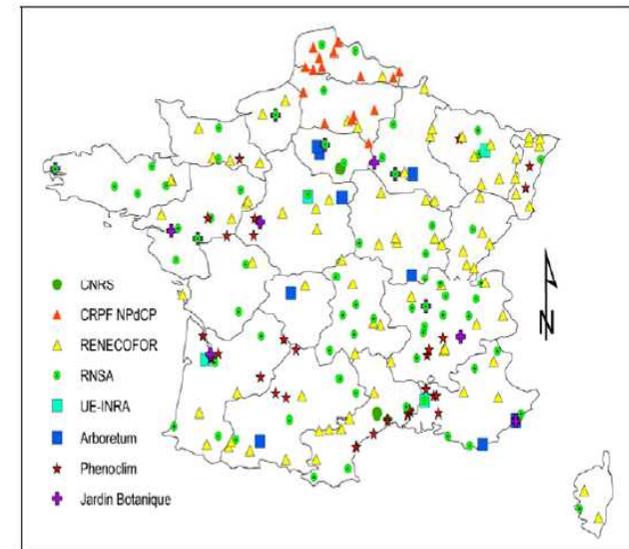
- **Centres INRA**

*(Bordeaux, Orléans, Avignon, 17 plantations; 1 à 25 ans)*

- **MNHN**

*(Phénoflore, 400 espèces plantations ornementales; floraison depuis 2000)*

- **RENECOFOR** (10 espèces forestières, depuis 1997)



*(Chuine, 2005)*

## Création du GDR « Phénologie »

1. Sources et base de données

**GDR 2968 SIP-GECC**  
Systèmes d'Information Phénologique pour la Gestion et l'Étude des Changements Climatiques

Partenaires  
Base de données  
Publications  
Réseau d'observation  
Projets de recherche  
Contact  
L'Observatoire Des Saisons

S'identifier

<http://www.gdr2968.cnrs.fr>

Base de données (env. 660 espèces)

## Observatoire des saisons

<http://obs-saisons.fr/>

**Observatoire des SAISONS**

Relais Enseignants Jeunes

ODS

Accueil

Qu'est-ce que l'ODS ?  
Participez  
Résultats  
Réseau  
Ressources

Rechercher  OK

S'identifier ou s'inscrire

Nom d'utilisateur:

Mot de passe:

Se connecter

Se connecter avec OpenID

Créer un nouveau compte

Demander un nouveau mot de passe

★ 2147 Inscrits

> Lire toutes les actus

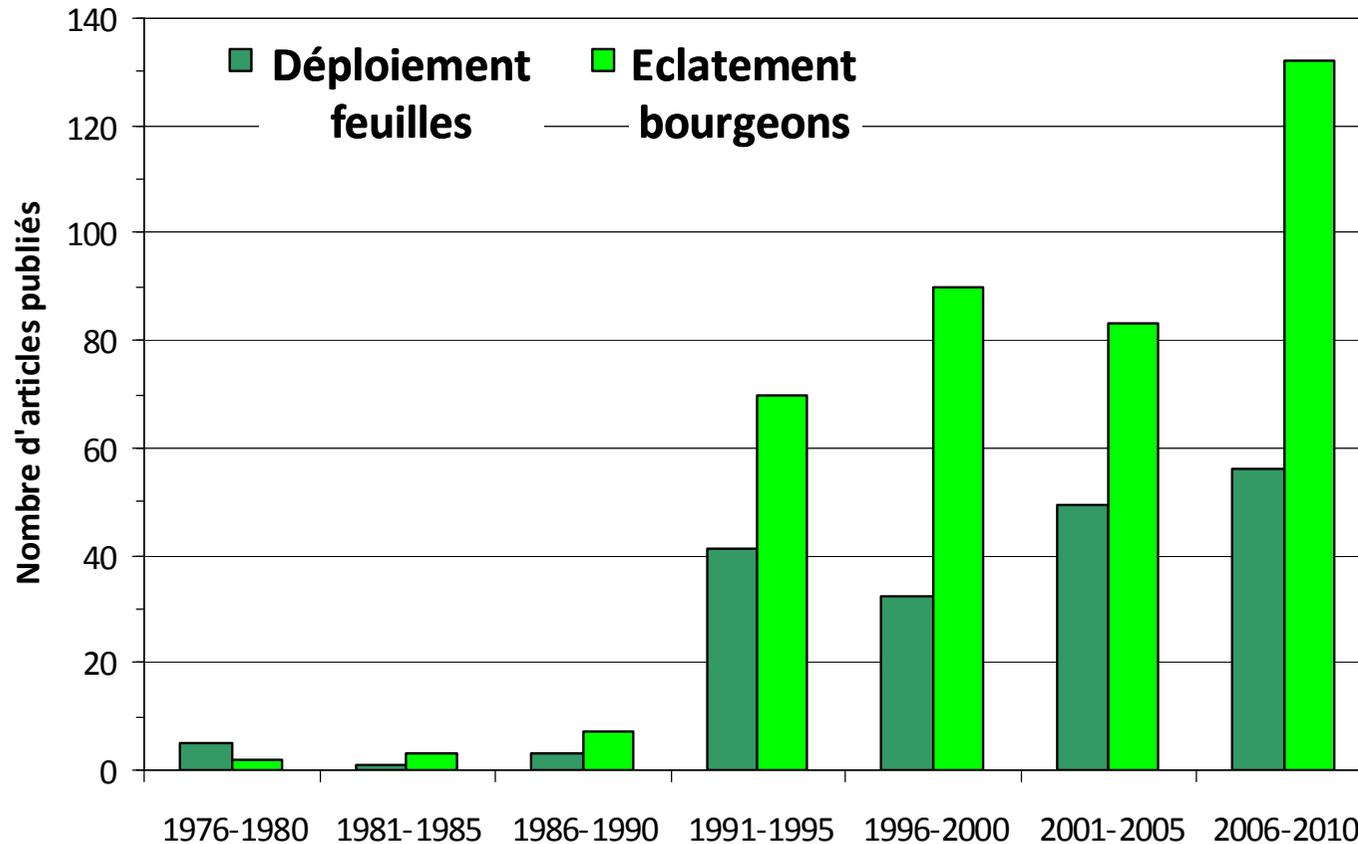
(env. 2150 inscrits)

# Plan de l'exposé

1. Sources et base de données
- 2. Les modifications déjà observées**
3. Conséquences sur les écosystèmes

## Importance de la phénologie comme objet d'étude scientifique...

2. Les modifications déjà observées



Base : ISI Web of Knowledge

Mots-clés utilisés : Leaf Unfolding ou Budburst

(Déploiement des feuilles ou éclatement des bourgeons)

## Tendances générales sur les espèces arborées



Depuis les années 1950



**Avancée ≈ 2 à 3 jours / décennie**

**Recul ≈ 2 à 3 jours / décennie**

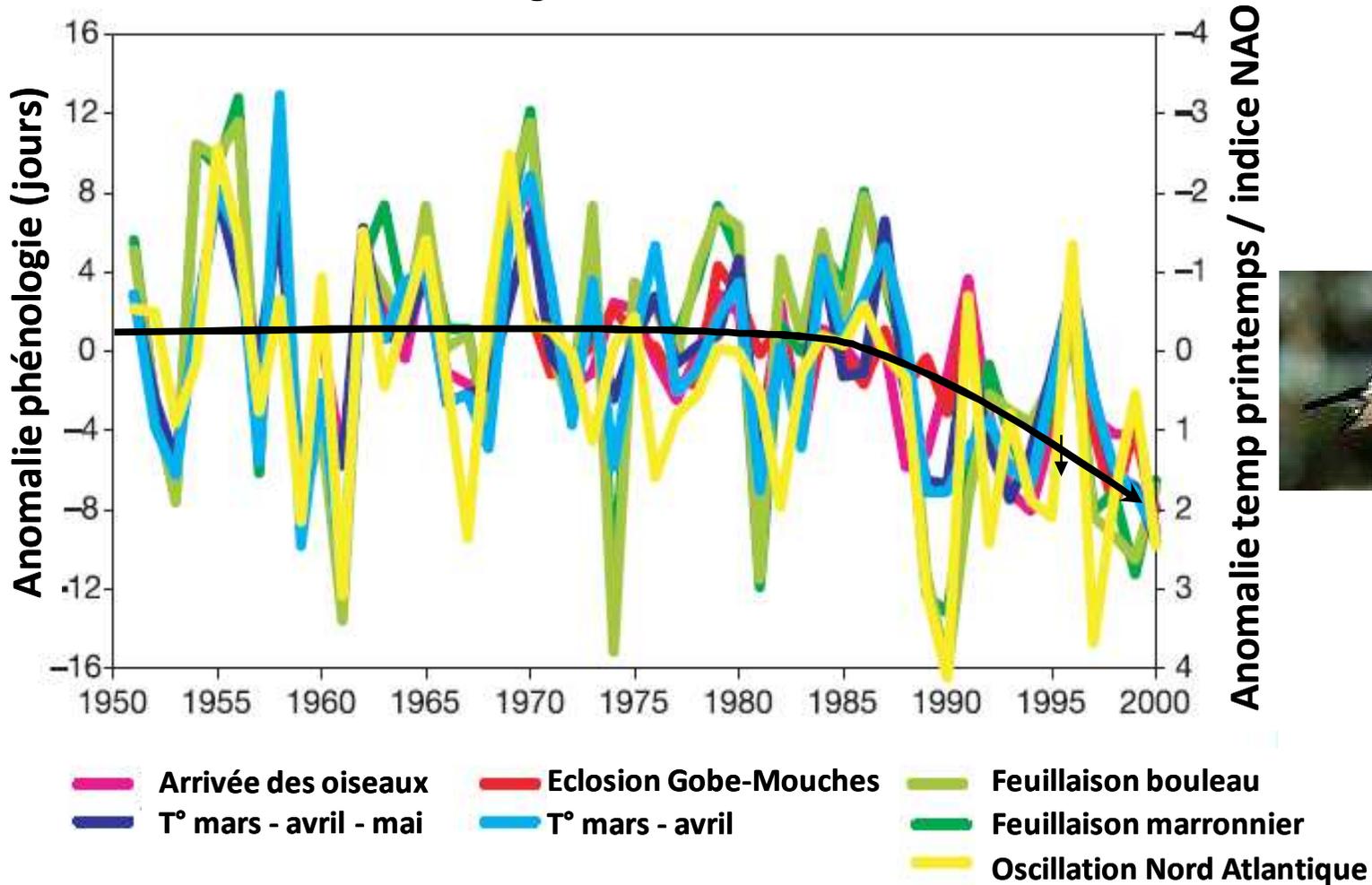
**Rallongement 10 à 15 jours**

Espèce	Région	Période	Changement (jours/décennie)
Chêne rouvre	G.B.	1950-1996	-4,3 à -5,8
	Allemagne	1951-1996	-3,1
	Estonie	1948-1996	-1,7
Bouleau	Allemagne	1951-1996	-3,7
	Estonie	1948-1996	-2,9
	Europe nord	1951-1998	-2,7
Hêtre	Allemagne	1951-1996	-2,3
Epicéa	Allemagne	1951-1996	-3,1
Tremble	Canada	1900-1997	-2,6

2. Les modifications déjà observées

## Différentes Méta-Analyses confirment des modifications des cycles de développement des espèces

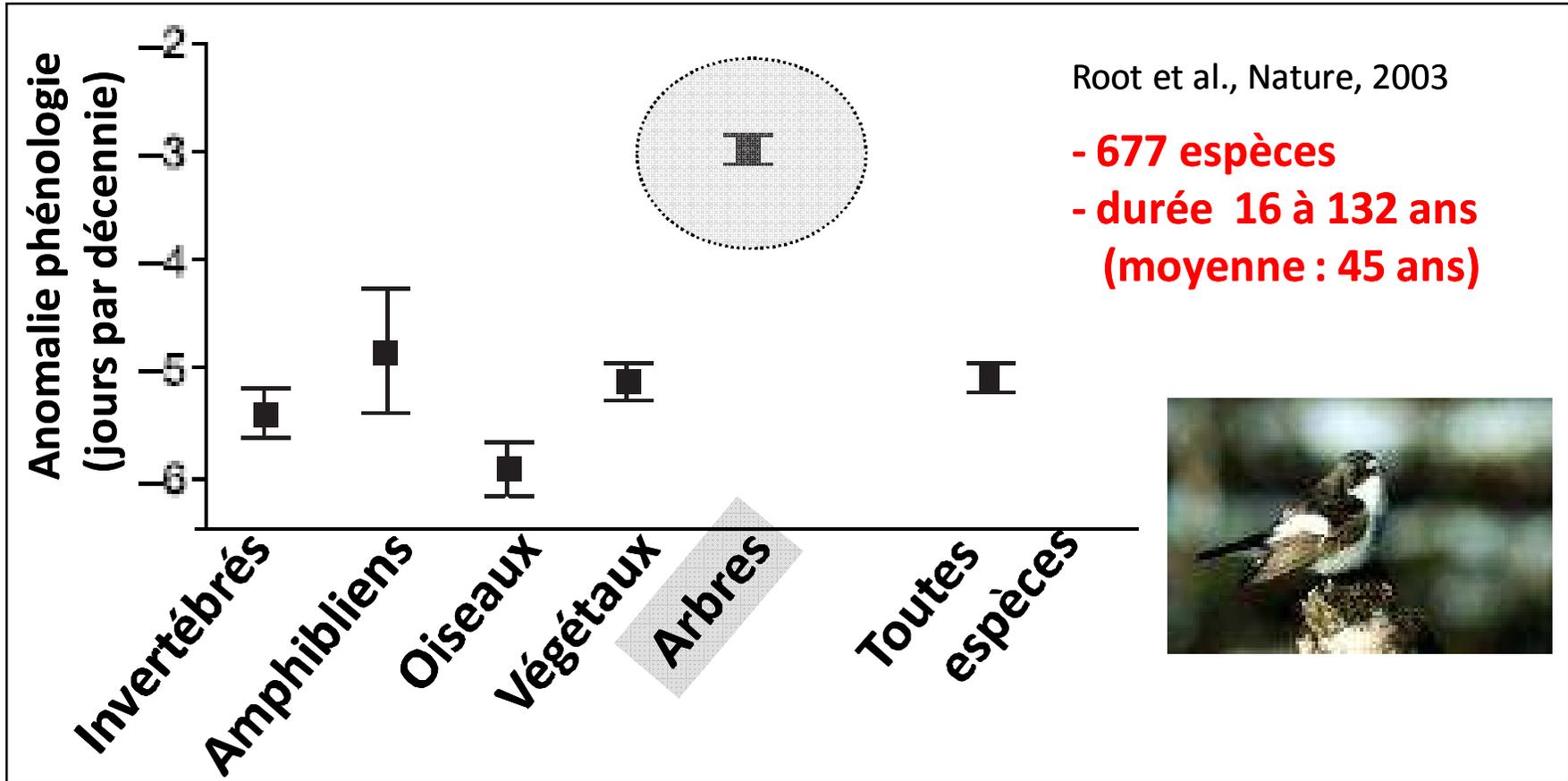
### Observations en Allemagne



2. Les modifications déjà observées

Walther et al., Nature, 2002

2. Les modifications déjà observées



Parmesan et Yohe, Nature, 2003

**177 espèces**

**Phases printanières**

Avancée	stabilité	retard
62%	9%	29%

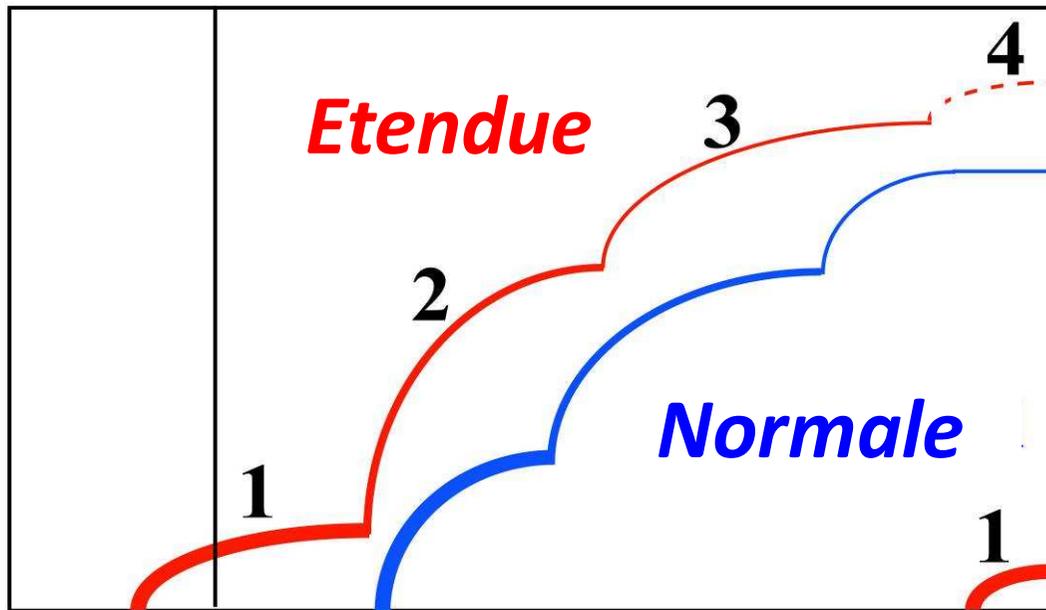
**2.3 j / décennie**

# Des pins débousolés en forêt méditerranéenne

Girard et al., soumis

2. Les modifications déjà observées

## Saison de croissance



- Floraison hivernale
- Croissance continue



*Dégâts de gel et  
attaques fongiques*

**Floraison mâle**

# Plan de l'exposé

1. Sources et base de données

2. Les modifications déjà observées

**3. Conséquences sur les écosystèmes**

- Saison de végétation, croissance et migration des espèces
- Dépérissement et mortalité

## **Question 1 : avantages et inconvénients des changements phénologiques ?**

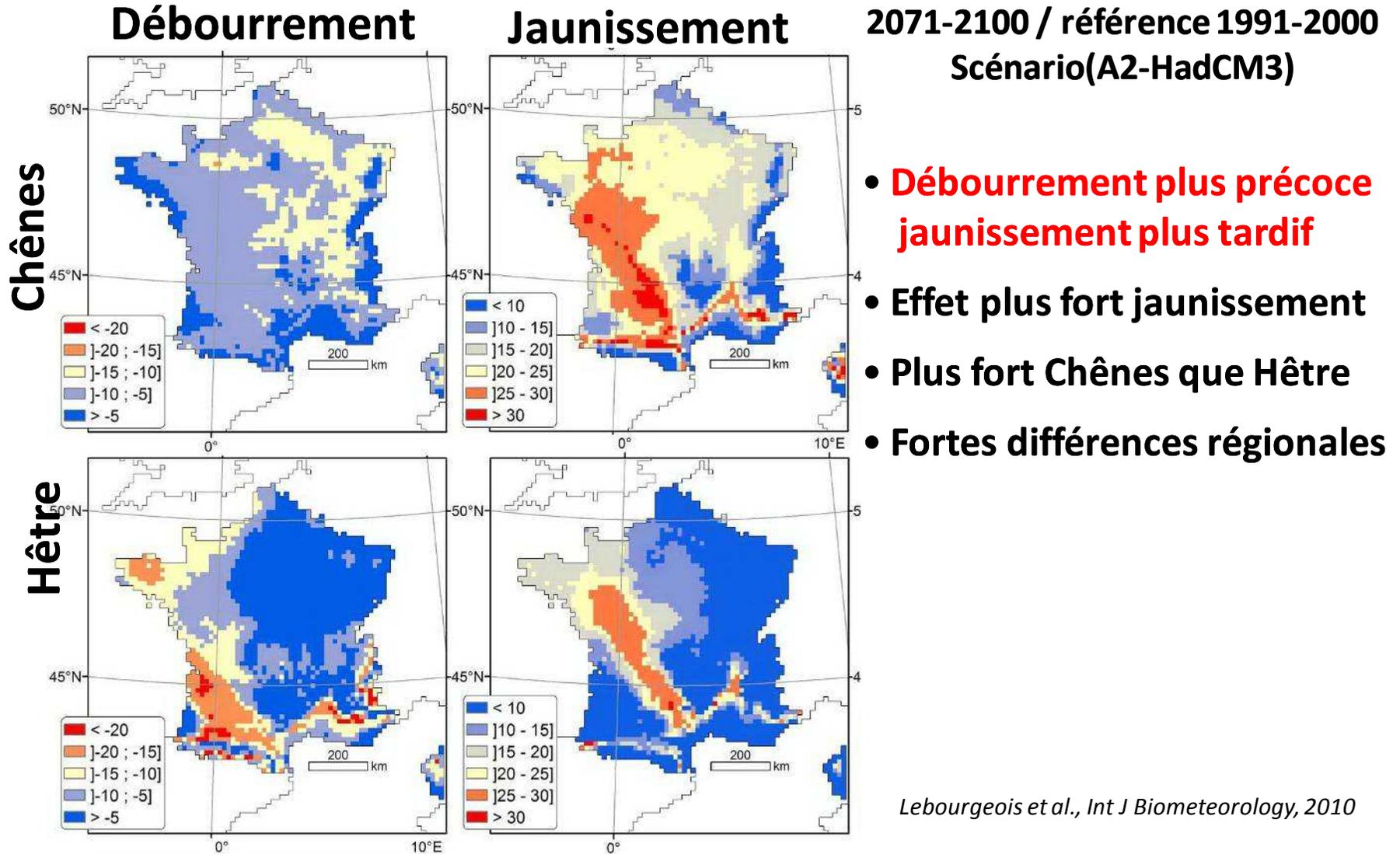
- Les + :**
- Allongement période de croissance
  - Augmentation des réserves en sucres

- Les - :**
- Dommages liés au gel
  - Augmentation / précocité stress hydrique
  - Diminution résistance au froid en hiver

(D'après Vitasse, 2009, Thèse page 44)

## Question 2 : Les cycles de développement vont-ils encore changer ?

Oui... mais dans quel sens ?



## Question 2 : Les cycles de développement vont-ils encore changer ?

Oui... mais dans quel sens ?

sept – oct – nov – déc – jan – fév – mars – avril - mai



Satisfaction des  
besoins en froid  
(chilling Units)



Satisfaction des  
besoins chaleur  
(forcing Units)



Réchauffement  
hivernal



~~besoins en froid~~

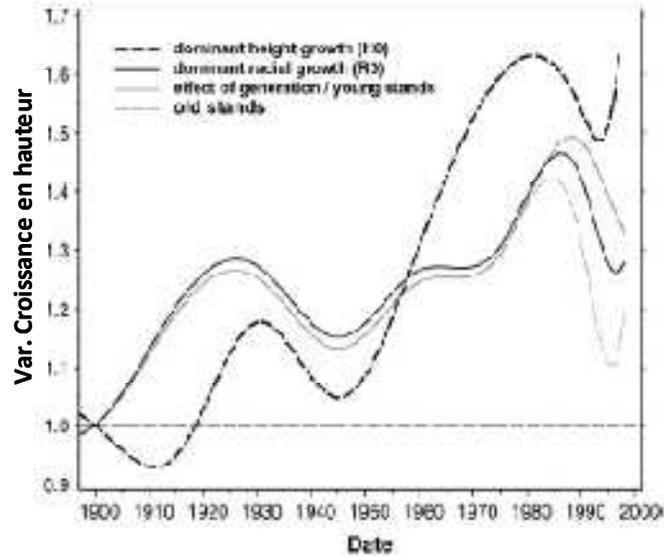
Retard du débourrement

Etude expérimentale sur les chênes pédonculé, pubescent, vert  
(Morin et al., New Phytol, 2010)

3. Les conséquences sur les écosystèmes

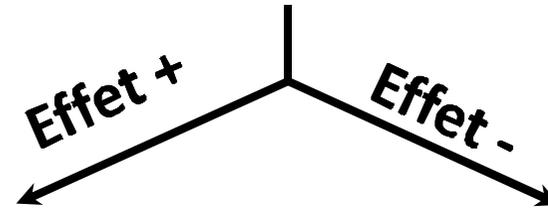
### Question 3 : Les changements phénologiques modifient-ils la croissance et les bilans de carbone ?

Les observations passées...



**Hêtre Nord-Est France**  
**Augmentation productivité**  
**(+50% sur XX<sup>e</sup> siècle)**  
(Bontemps et al., FEM, 2010)

Les simulations  
modèles de bilans carbone



**Rallongement**  
de 38 jours  
saison végétation  
(1960-2100)

Hêtre, Chêne sessile



**Gain de carbone (puits):**  
**+150 à 220 gC/m<sup>2</sup>/an**  
*valeurs mesurées :*  
**250 à 300 gC/m<sup>2</sup>/an**

Davi et al., AFM, 2006 (France)

**Réchauffement**  
automnal  
Hémisphère Nord  
(nord du 25°N)

Respiration >  
photosynthèse

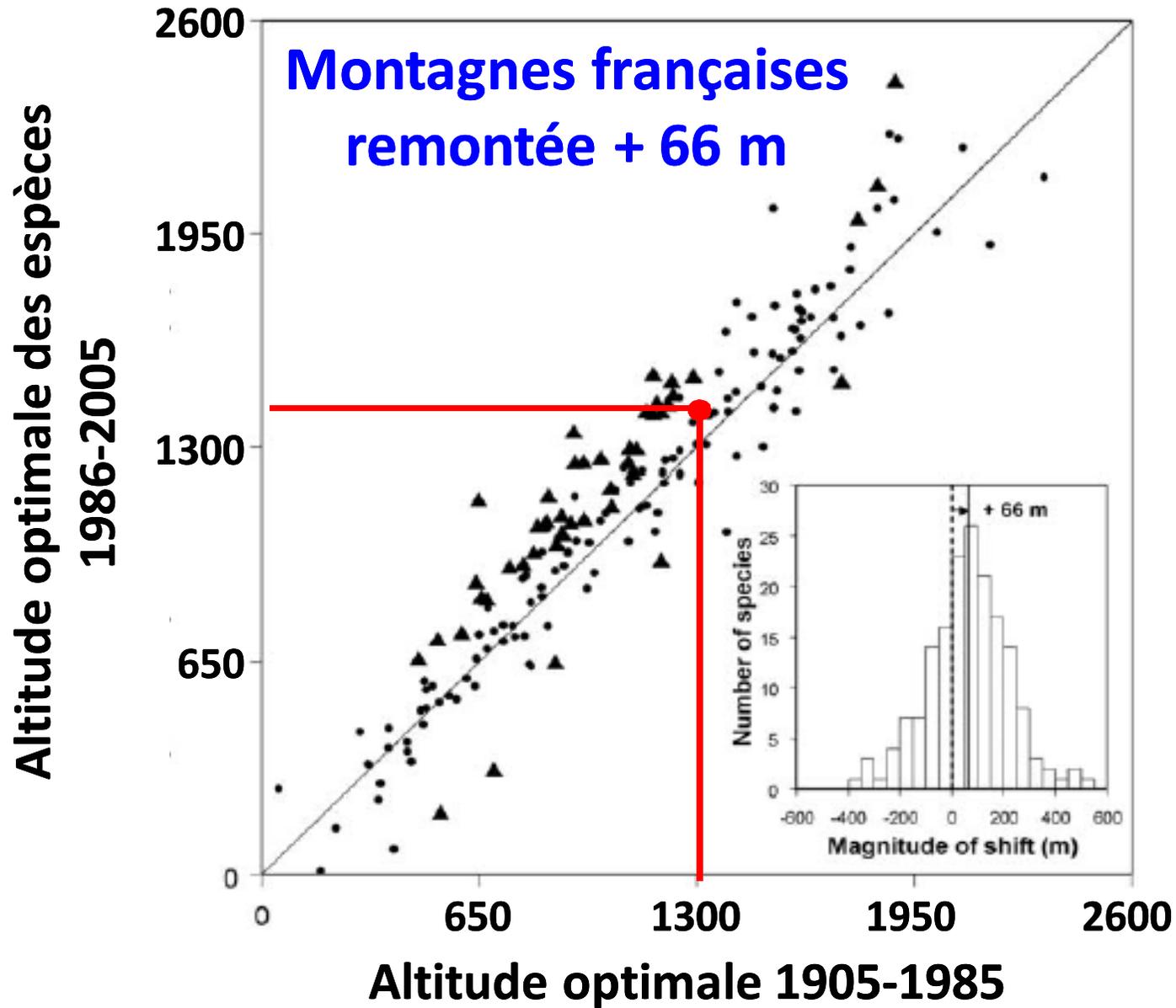


**Perte de carbone**  
(source) :-13 TgC/an

Piao et al., Nature, 2008



### Question 4 : Les espèces ont-elles migré ?



(Lenoir et al., Science, 2008)

3. Les conséquences sur les écosystèmes

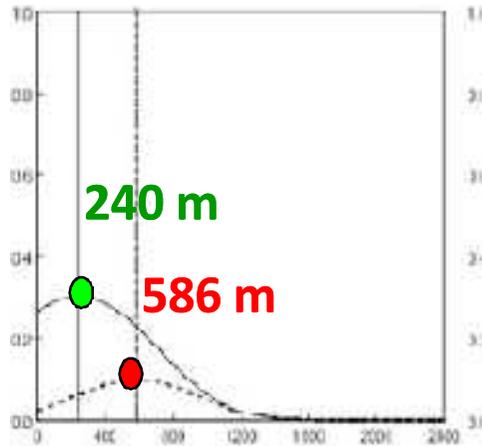
## Question 4 : Les espèces ont-elles migré ? Cas des arbres

Les semis des espèces thermophiles remontent en altitude...

(Lenoir et al., Ecography, 2009)

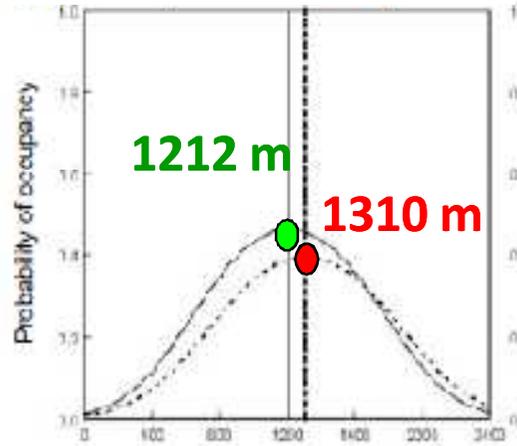
— Adultes  
- - - Semis

### Chêne rouvre



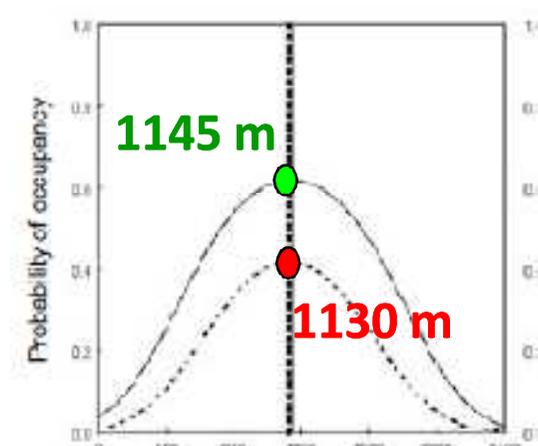
Espèce collinéenne thermophile

### Sapin



Espèce montagnarde thermophile

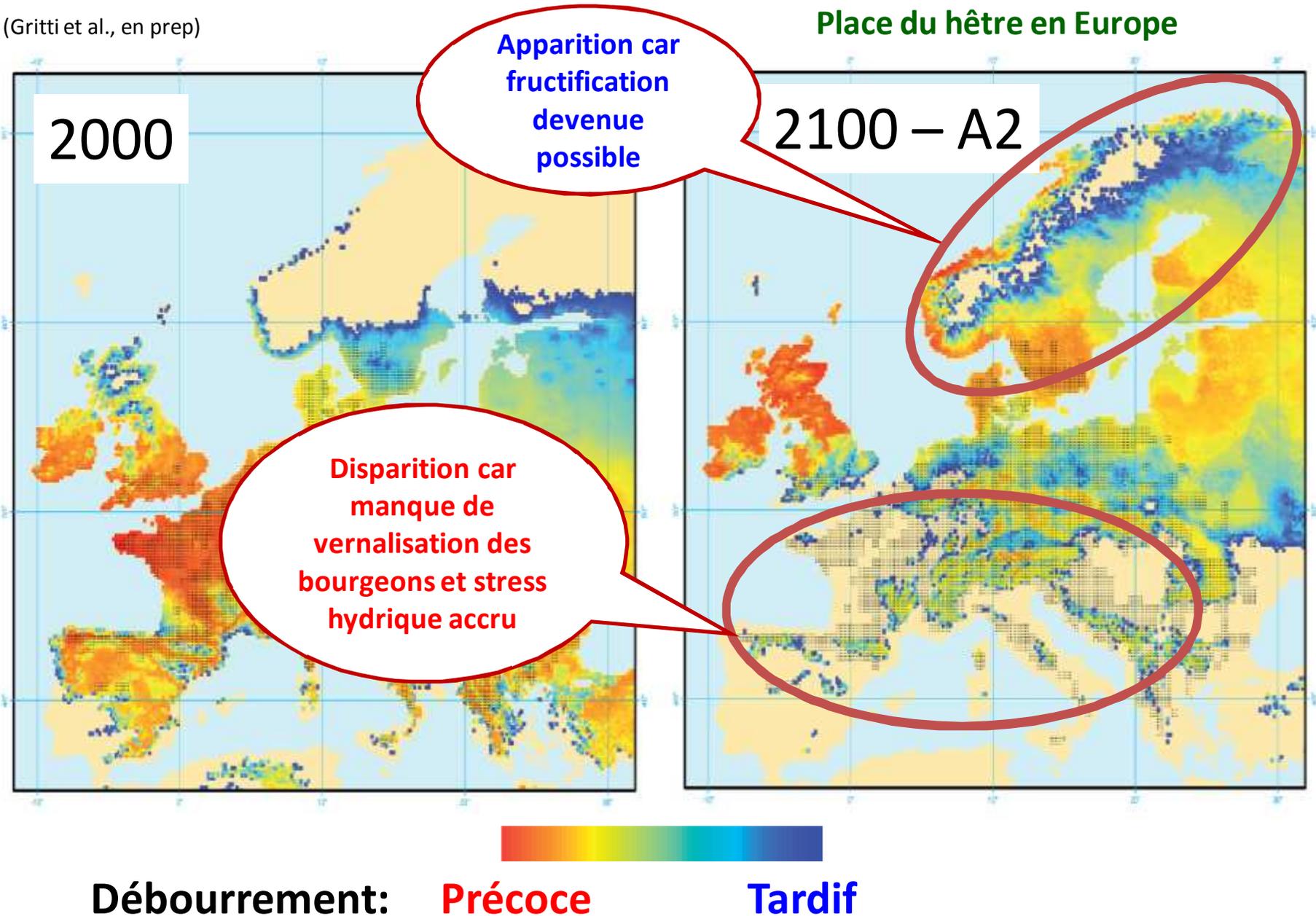
### Hêtre



Espèce collinéenne et montagnarde

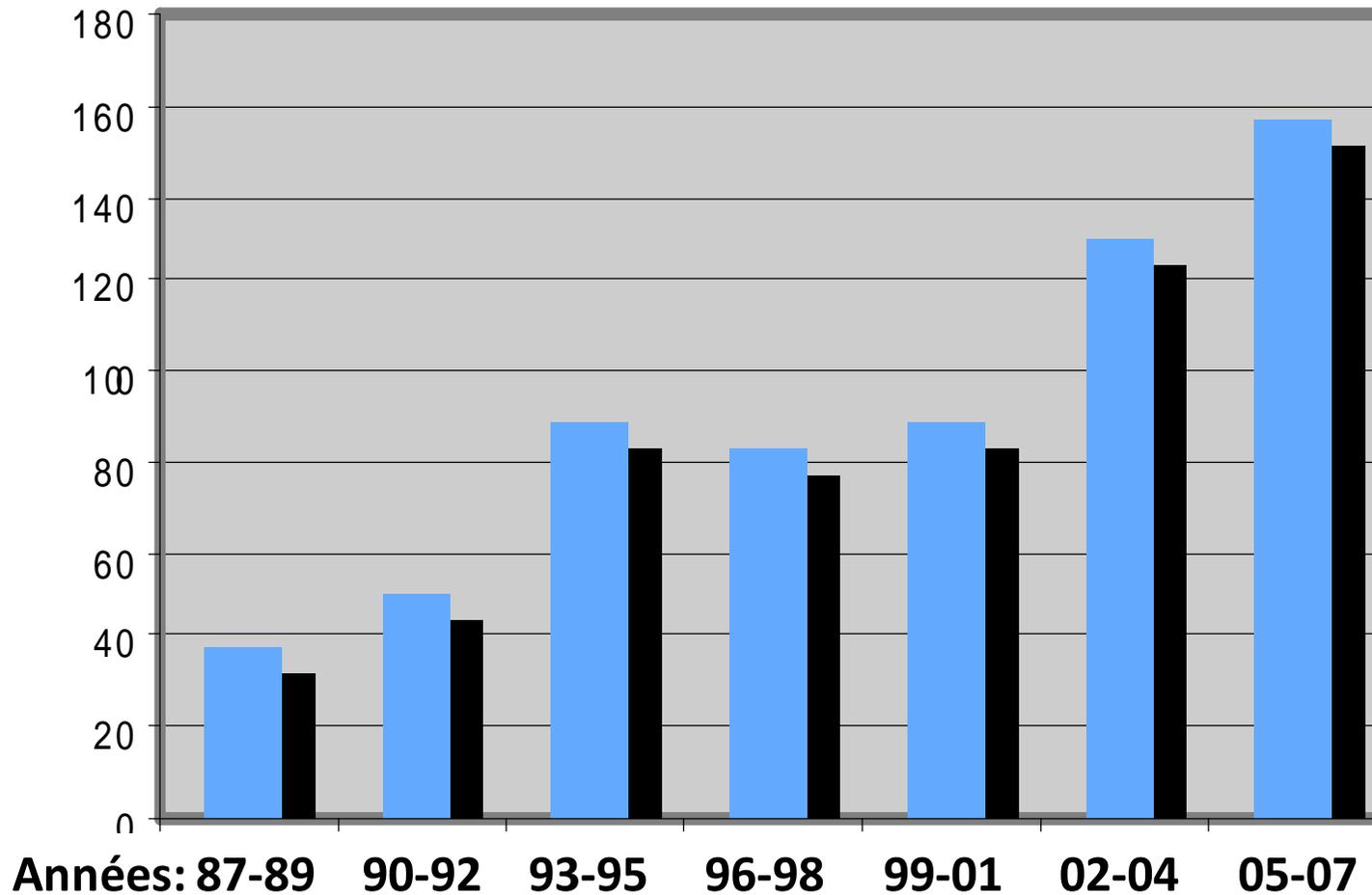
## Question 5 : Les migrations vont-elles continuer ?

(Gritti et al., en prep)



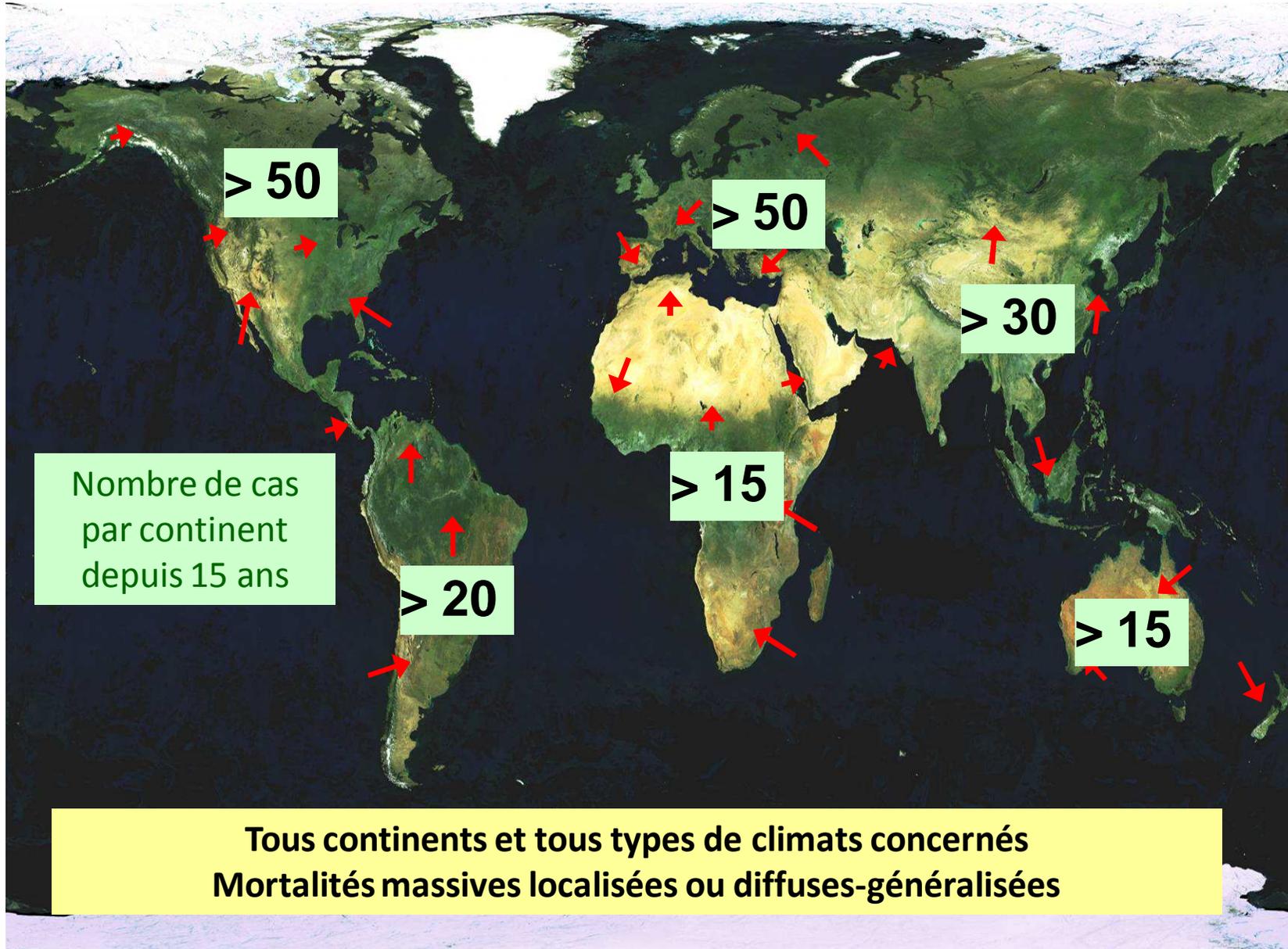
## Question 6 : Les dépérissements ont-ils augmenté ?

Nombre de cas de mortalité forestière rapportés par les publications scientifiques



ISI Web of Science Search: "forest, drought, mortality"

## Question 6 : Les dépérissements ont-ils augmenté ?



## Question 6 : Les dépérissements ont-ils augmenté ?



Australie, Eucalyptus sp.



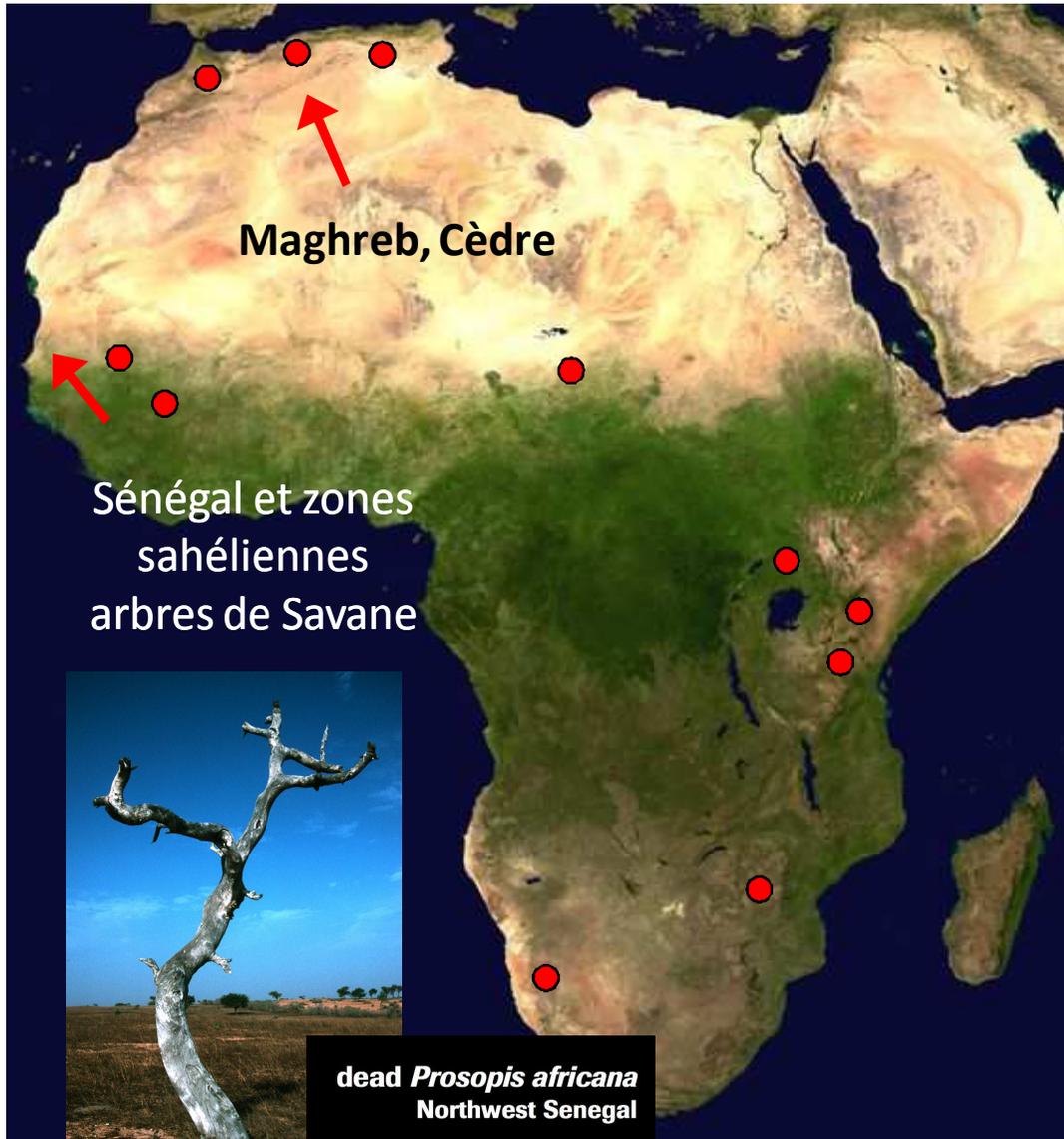
Et tout le  
"bush"



Source: Rod Fensham

3. Les conséquences sur les écosystèmes

## Question 6 : Les dépérissements ont-ils augmenté ?



dead *Prosopis africana*  
Northwest Senegal

(photo © 1993 P. Gonzalez)



Source:  
Haroum Chenchouni

3. Les conséquences sur les écosystèmes

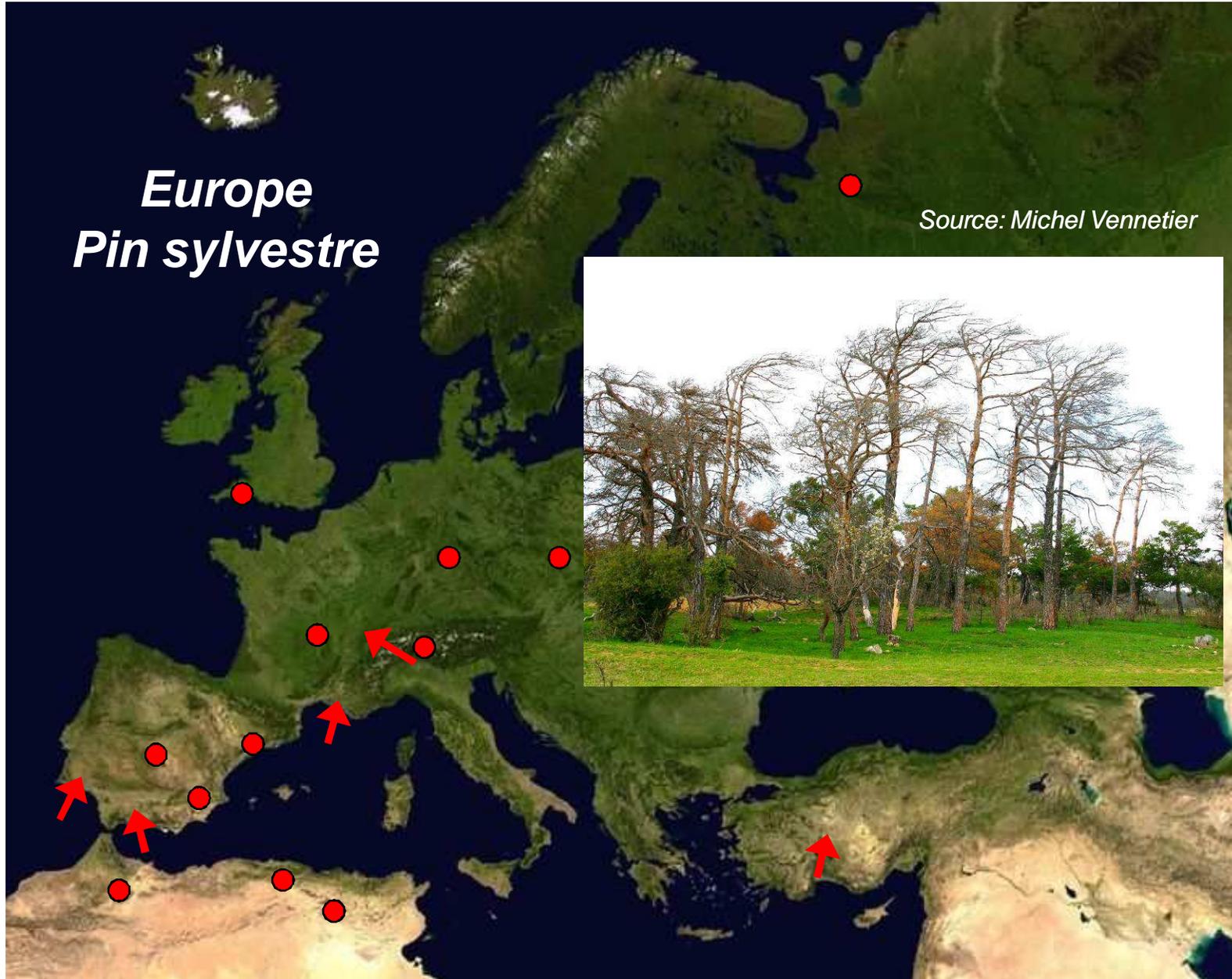
## Question 6 : Les dépérissements ont-ils augmenté ?



Source: Thomas Kitzberger

## Question 6 : Les dépérissements ont-ils augmenté ?

3. Les conséquences sur les écosystèmes



## Question 6 : Les dépérissements ont-ils augmenté ?

**Pins sylvestres morts, *Sierra de Filabres, Sud de l'Espagne, Avril 2006***

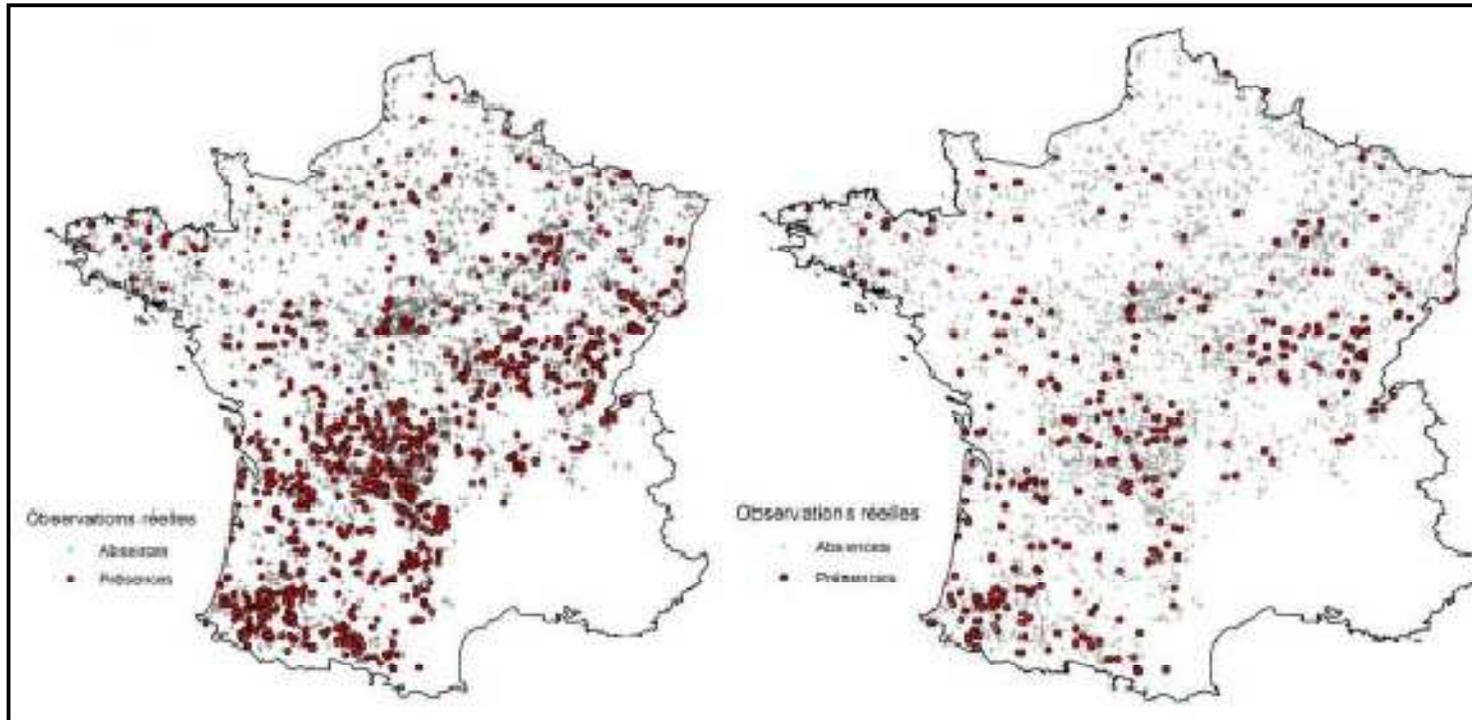
**Des dizaines de milliers d'hectares en danger dans le Sud de l'Europe**



Source : Castro J.

## Question 6 : Les dépérissements ont-ils augmenté ?

**Mortalité des branches de Chêne pédonculé (données 2006 et 2007, relevés IFN)**



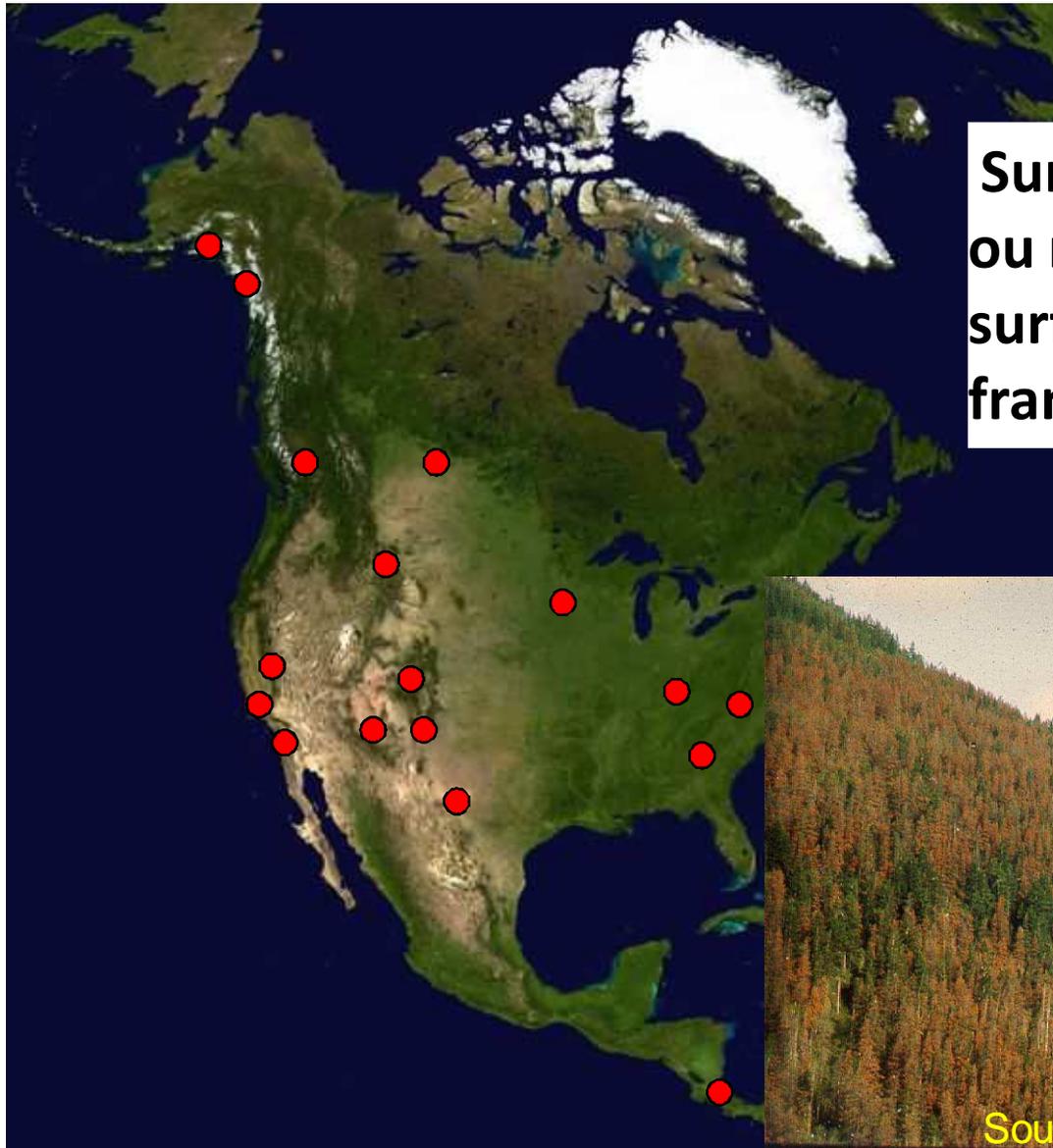
**> 5% de branches mortes  
(dans la moitié sup. du houppier)**

**> 25% de branches mortes**

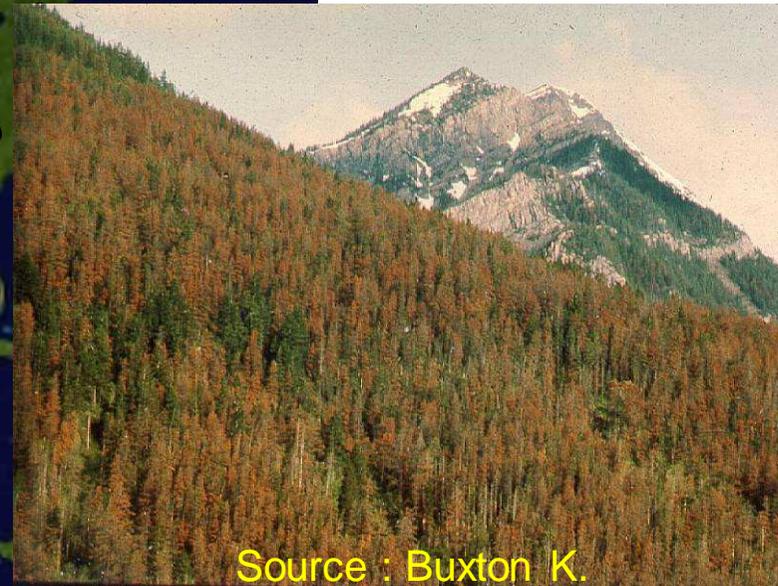
*(Rodriguez, 2009)*

## Question 6 : Les dépérissements ont-ils augmenté ?

3. Les conséquences sur les écosystèmes



Surfaces dépérissantes  
ou mortes = 2 fois la  
surface totale de la forêt  
française



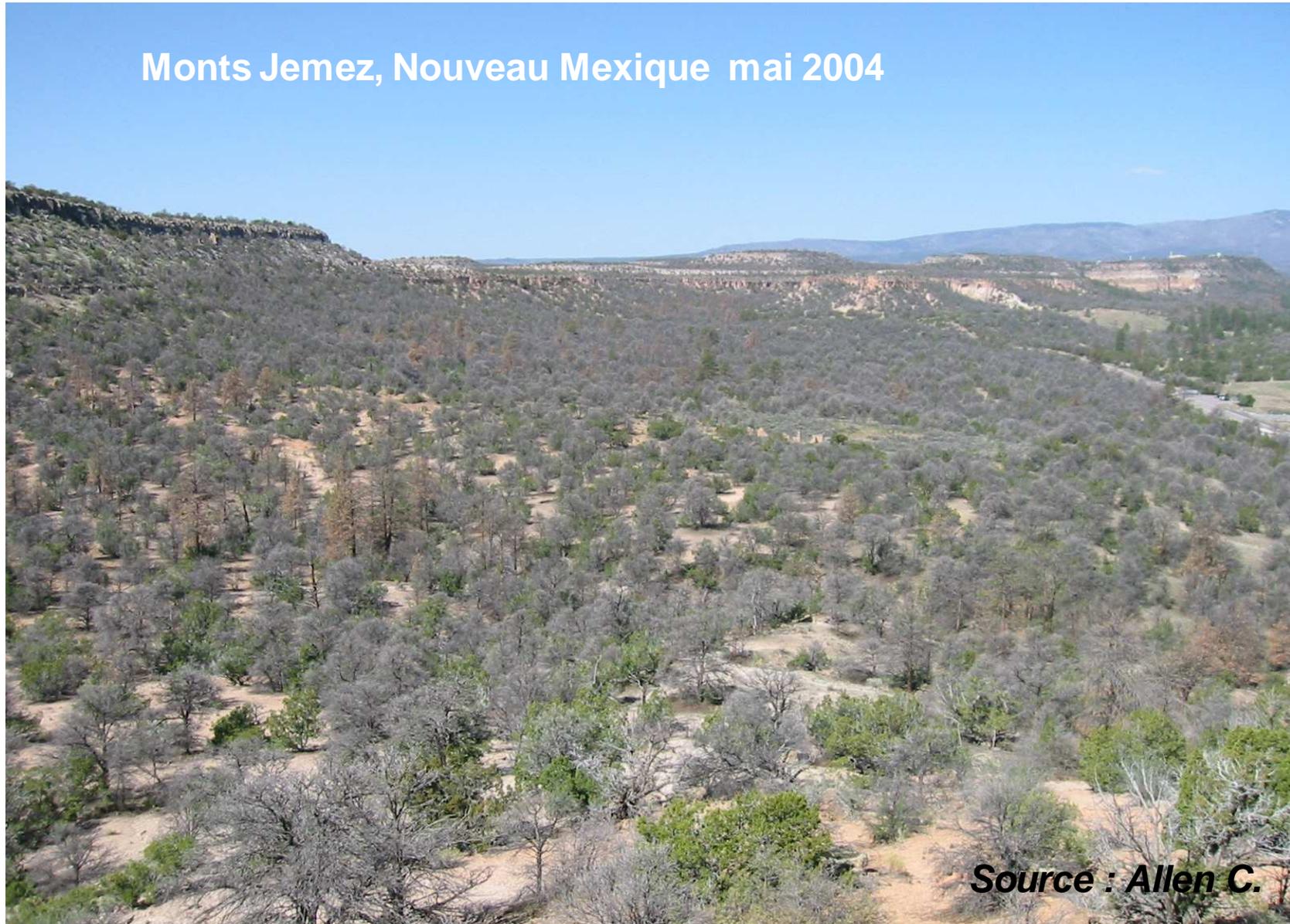
Source : Buxton K.

Amérique du nord : une des zones les plus touchées

## Question 6 : Les dépérissements ont-ils augmenté ?

3. Les conséquences sur les écosystèmes

Monts Jemez, Nouveau Mexique mai 2004



Source : Allen C.

## Question 6 : Les dépérissements ont-ils augmenté ?

3. Les conséquences sur les écosystèmes



**A l'Ouest, une des pires catastrophes de l'histoire forestière**

**Près de 15 millions d'hectares...  
la forêt a disparu en 5 ans, dévorée  
par des insectes !**

**Le réchauffement climatique en  
est la cause:**

**plus assez de froid  
en hiver pour  
contrôler les populations**



*Photos : Buxton K.*

## Question 6 : Les dépérissements ont-ils augmenté ?

3. Les conséquences sur les écosystèmes



Source: Daniel Nepstad

### En forêt tropicale

Une mortalité diffuse et insidieuse :

- Doublement en 25 ans
- Les grands arbres émergents sont plus sensibles que les petits
- Lianes et arbres plus sensibles que palmiers

## Conclusions....

- déjà des changements notables...
- des prévisions très variées plus ou moins optimistes
- changements certains des paysages forestiers et agricoles

