



# FORÊTS D'HIER ET DE DEMAIN

Festi'Val d'Azun, 22 Août 2017

« de la Terre aux étoiles »

# FORÊTS D'HIER ET DE DEMAIN

- La Planète Forestière
- Forêts et Sociétés Humaines
- La Gestion Durable des Forêts
- L'Avenir des Forêts



## Forêts d'hier et de demain

50 ans de recherches en Aquitaine

Comprendre la forêt, c'est aussi comprendre la société. De tous temps, la forêt a constitué un remarquable atout de développement économique. Désormais, face au réchauffement climatique, au développement démographique et grâce aux avancées scientifiques, la forêt est devenue un enjeu d'avenir de première importance. Pour appréhender les forêts du futur, il convient de connaître et de comprendre les forêts du passé.

En Aquitaine, la diversité des territoires n'a d'égale que celle de ses forêts : forêts cultivées de pins maritimes (l'une des plus vastes et des plus modernes d'Europe), peupleraies de la vallée de la Garonne, chênaies du Périgord et de l'Adour, hêtraies du Pays Basque et des Pyrénées...

Initialement focalisées sur le pin maritime et les usages industriels de la résine ou du bois, les recherches forestières en Aquitaine ont progressivement embrassé tout le champ des connaissances nécessaires à une gestion durable de la forêt tout en développant ses filières de valorisation.

Ce livre fait le bilan de toutes les avancées réalisées dans ce domaine depuis 50 ans et plus qu'une chronique, cet ouvrage est un outil pour tous. On y découvre la diversité génétique du pin maritime et son histoire, les stratégies de conservation et de création variétale, les modèles de croissance et de sylviculture, en lien avec l'évolution de la ressource en bois, la compréhension des mécanismes du fonctionnement de l'arbre et de la forêt (échanges d'eau, de minéraux, de gaz et de chaleur avec le sol et l'atmosphère), les mécanismes de résilience face aux adversités climatiques (froid, sécheresses, tempêtes), et sanitaires (insectes et maladies), les propriétés du bois, massif ou composite, en fonction de la sylviculture et des procédés industriels de transformation et de mise en œuvre, mais aussi les relations entre forêts et sociétés.

À travers l'histoire des recherches menées au sein du site de l'INRA à Pierrefort (Cestas), cet ouvrage fait le lien entre la science, l'industrie et les métiers du bois et de la forêt, au service des sociétés aquitaines d'hier et de demain.

Ont collaboré à cet ouvrage Michel Arbez, Laurent Auguis, Vincent Barois, Luc Barbero, Thierry Bédouard, Alexandre Bosc, Scheherd Bookstaeffer, Yves Brunet, Jean-Michel Carnus et al., Bastien Costagneyrol, Bertrand Charrier, Antoine Colin, J. Debrec, Amélie Demaret, P. Deuffo, Anne-Malrait Dubarent, Claude Filatre, Barry Gardner, Brice Giffard, Stéphane Gréber, Dominique Guyon, Hervé Jactel, Marcin Kratochowski, Antoine Kremer, Yves Lesgourgues, Brigitte Lung-Escarmont, J.-J. Mallat, Pierre Menassieu, Céline Merdesiu, Pierre Morlier, Christophe Orziol, Dominique Piau, Christophe Pamiou, Annie Ralfin, Marie-Françoise Sisk, Jean Timbal, Pierre Tichel, Inge van Halder, Fabrice Verliard.

Prix : 25 €

ISBN : 978-2-86781-874-3



Forêts d'hier et de demain

Sous la direction de M. ARBEZ, J.-M. CARNUS et A. KREMER

DYNAMIQUES ENVIRONNEMENTALES

À la croisée des Sciences

Sous la direction de  
Michel ARBEZ, Jean-Michel CARNUS  
et Antoine KREMER

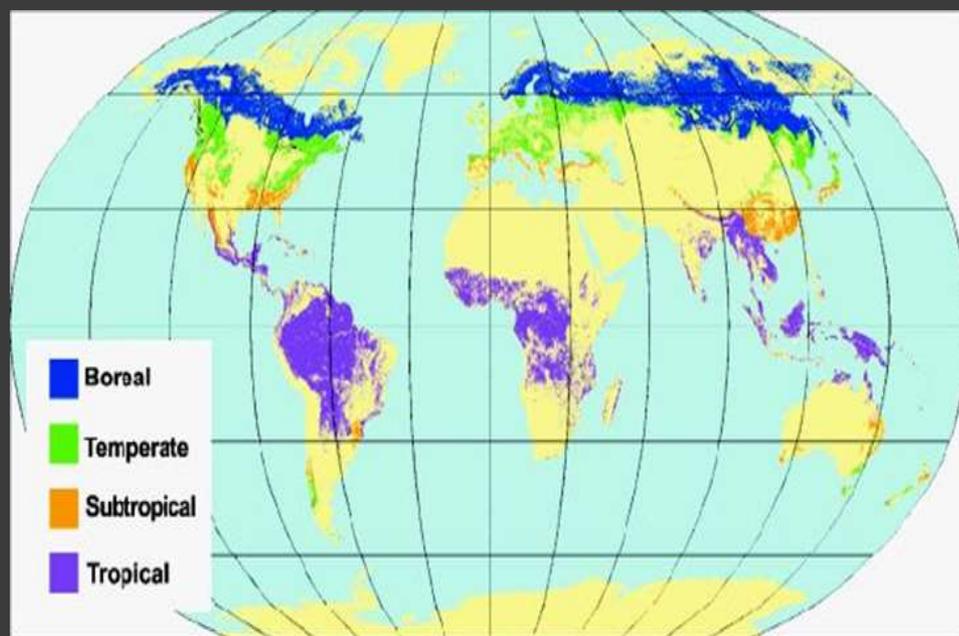
# Forêts

## d'hier et de demain

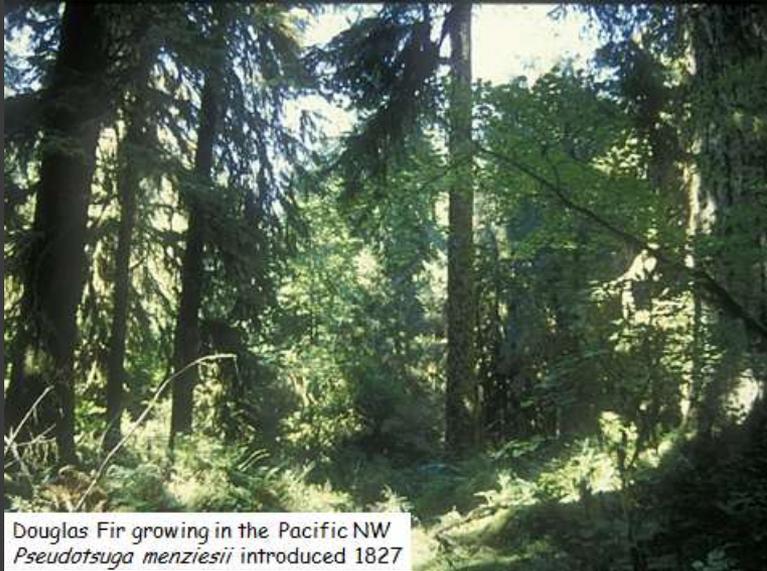
50 ans de recherches  
en Aquitaine

# LA PLANÈTE FORESTIÈRE (1)

- 30 % des terres émergées (# 4 MM ha)
- arbres < écosystèmes < biomes forestiers
- 44 % des forêts sont tropicales, 34 % boréales, 13 % tempérées, 9% subtropicales
- 36% correspondent à des forêts primaires et 7% à des forêts plantées
- 10 pays représentent 2/3 des forêts (Russie, Brésil, Canada, USA, Chine, Australie, RDC, Indonésie, Inde, Soudan)



## Forêt tempérée, Amérique du Nord



Douglas Fir growing in the Pacific NW  
*Pseudotsuga menziesii* introduced 1827

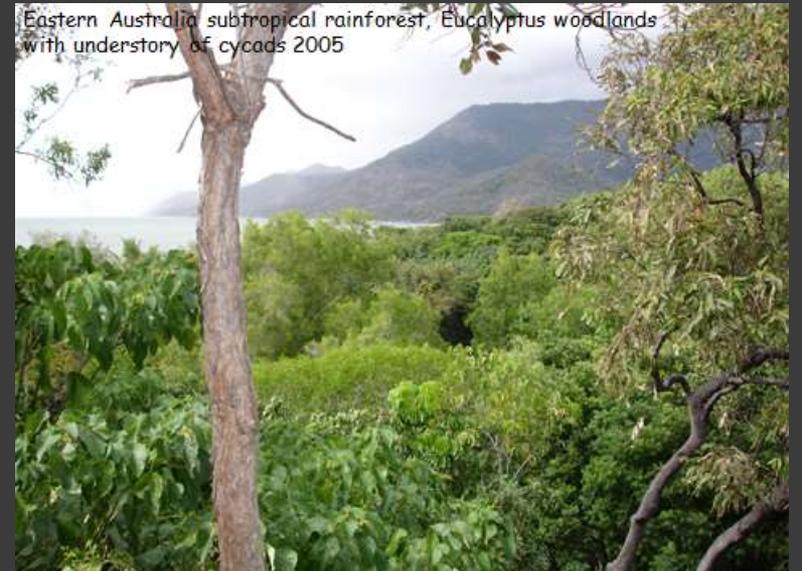
## Forêt boréale, Europe du Nord



Boreal forests, Sweden. Boreal forests make up 66% of Finland, 57% of Sweden and 23% of Norway



Lowland rainforest of Amazonia, here the flooded forest of the Rio Negro a 1,400 mile tributary of the Amazon.



Eastern Australia subtropical rainforest, Eucalyptus woodlands with understory of cycads 2005

## Forêt tropicale, Amérique du Sud

## Forêt subtropicale, Australie

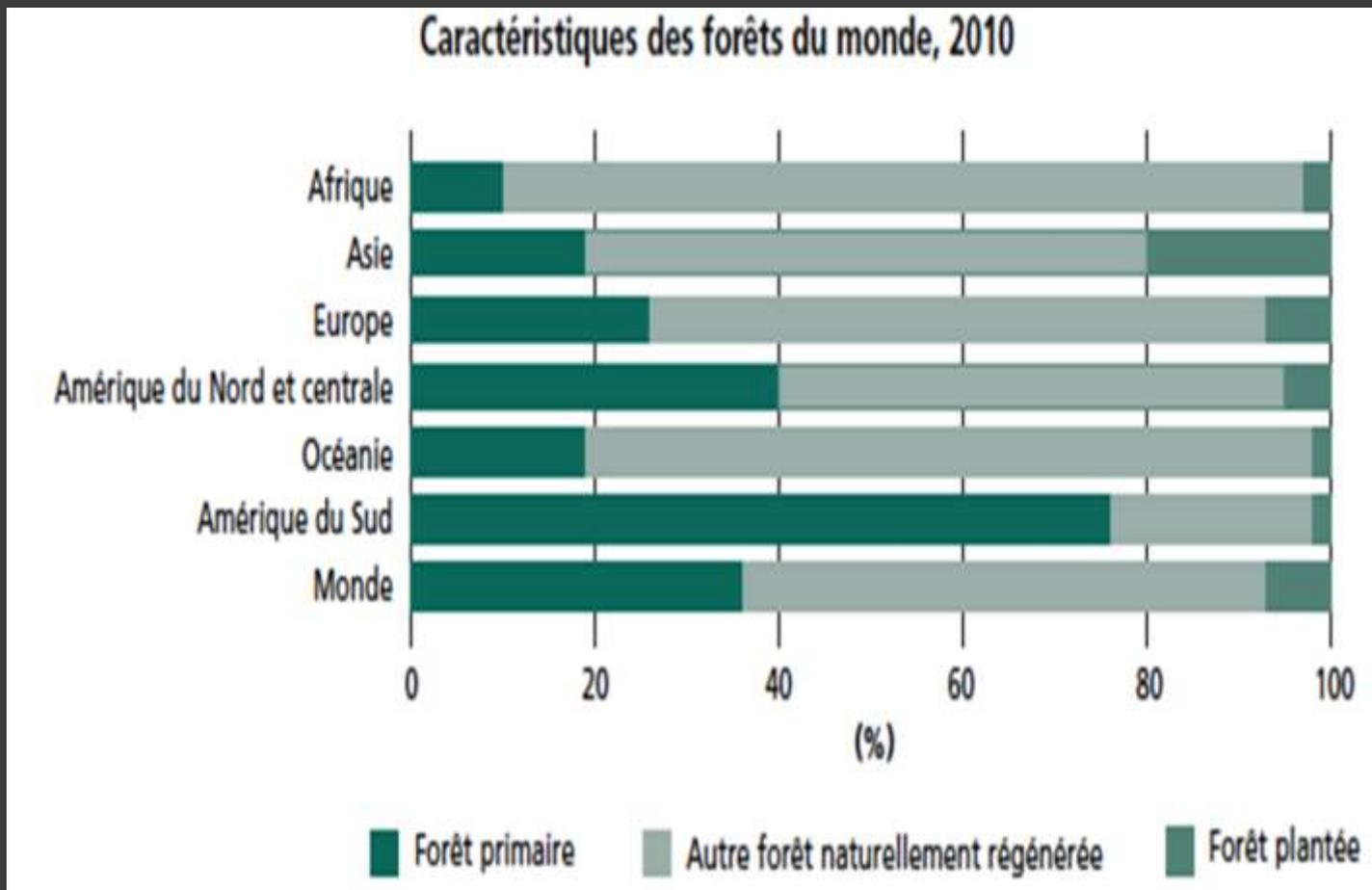
# LA PLANÈTE FORESTIÈRE (2)

Natural forest			Planted forest			Non-forest
Primary	Modified natural forests	Semi-natural forests		Plantations		Trees outside forest (TOF)
		Assisted natural regeneration	Planted component	Productive	Protective	
 <p>Forest of native species, where there are no clearly visible indications of human activity and ecological processes are not significantly disturbed</p>	 <p>Forest of naturally regenerated native species, where there are clearly visible indications of human activity</p>	 <p>Intensive silvicultural management, e.g. weeding, fertilizing, thinning, selective logging</p>	 <p>Forest of native species, established through planting, seeding, coppice</p>	 <p>Forest of primarily introduced and native species, established through planting or seeding mainly for production of wood or non-wood products</p>	 <p>Forest of native or introduced species, established through planting or seeding mainly for provision of environmental services</p>	 <p>Smaller than 0.5 ha; tree cover in agricultural land (e.g. agroforestry), trees in urban environments, and scattered along roads and in landscapes</p>

Source: After (Carle and Holmgren 2008).

Source: FAO -2014 situation des forêts du monde

# LA PLANÈTE FORESTIÈRE (3)



# FJORDLAND, NOUVELLE ZÉLANDE



# FORÊT D'IRATY, PAYS BASQUE



# ROTORUA, NOUVELLE ZÉLANDE



# Scotland - late 20th Century



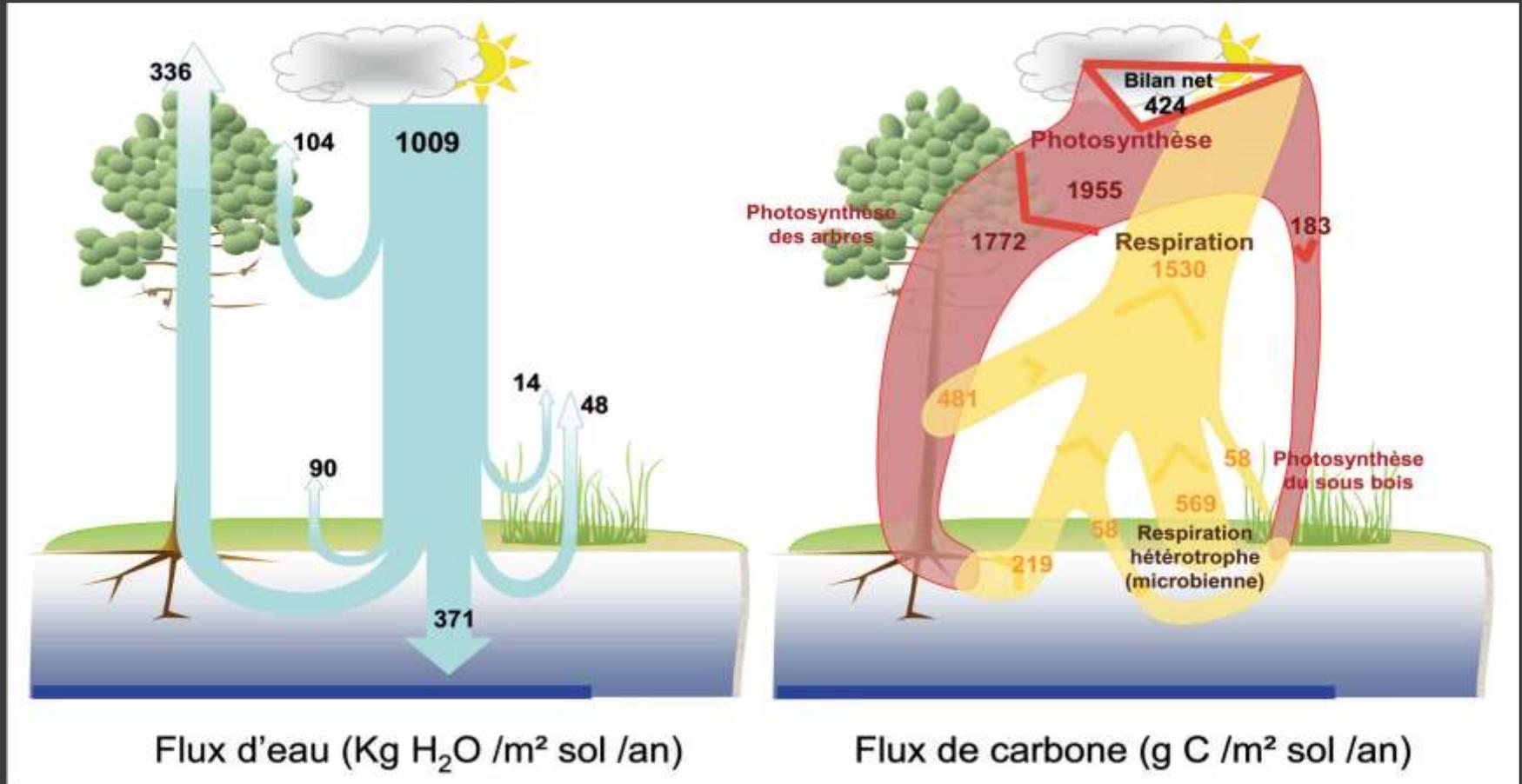
# RESTAURATION FORESTIÈRE, NOUVELLE CALÉDONIE



# DES ÉCOSYSTÈMES EN CHANGEMENT PERMANENT

- en interactions avec les cycles biogéochimiques (eau, carbone, azote,..)
- cycles écologiques longs et stades d'évolution (régénération, croissance, maturité, perturbations,...)
- équilibres dynamiques en évolution constante liée aux changements climatiques et à l'évolution des espèces
- équilibres fortement perturbés par l'homme (dégradation, déforestation, fragmentation...)

# CYCLES BIOGÉOCHIMIQUES



*Bilan quantitatif des flux d'eau et de carbone pour une pinède landaise*

# CYCLES BIOGÉOCHIMIQUES

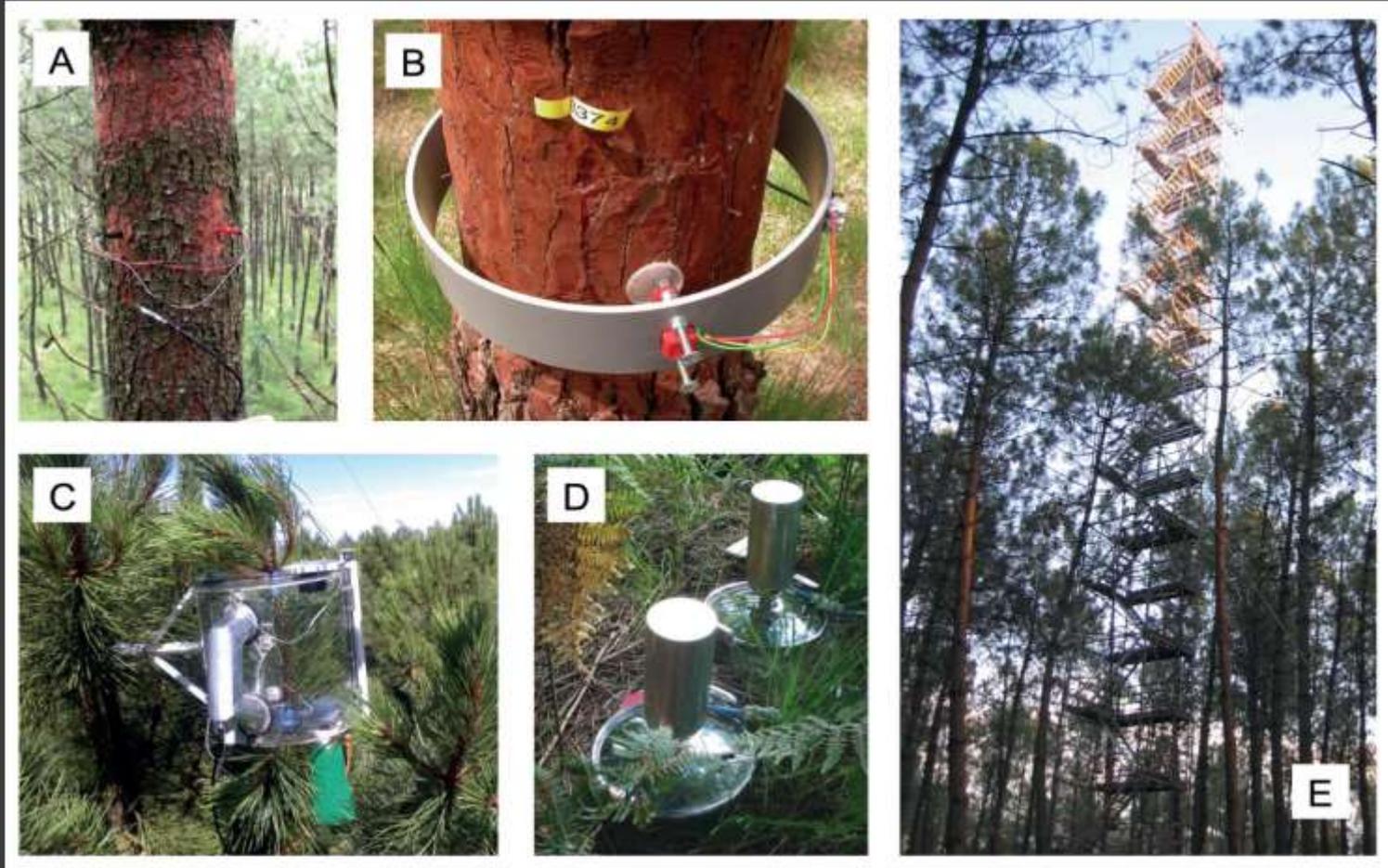


Illustration de quelques techniques déployées en forêt pour caractériser les processus écophysologiques traduisant la réponse au forçage pédo-climatique. A) Capteur de flux de sève, B) Capteur micrométrique permettant le suivi continu du diamètre du tronc. C) Chambre d'échanges gazeux permettant la mesure de la photosynthèse et de la transpiration. D) Chambre d'échanges gazeux permettant la mesure du flux de respiration du sol. E) Tour du site « Le Bray » à Cestas, Gironde avec des capteurs pour la mesure des flux globaux de  $\text{CO}_2$ , de vapeur d'eau et d'énergie par la technique des corrélations turbulentes.

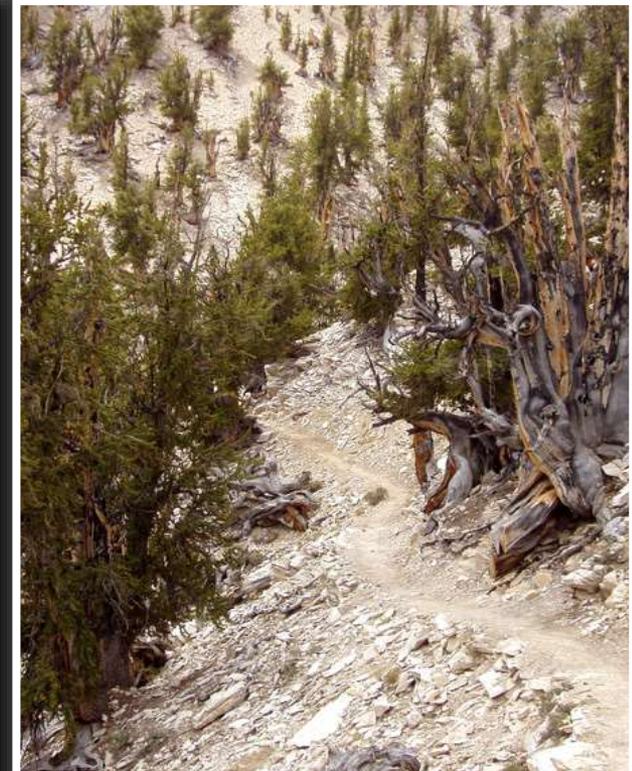
# CYCLES ÉCOLOGIQUES



Forêt primaire Tasmanie

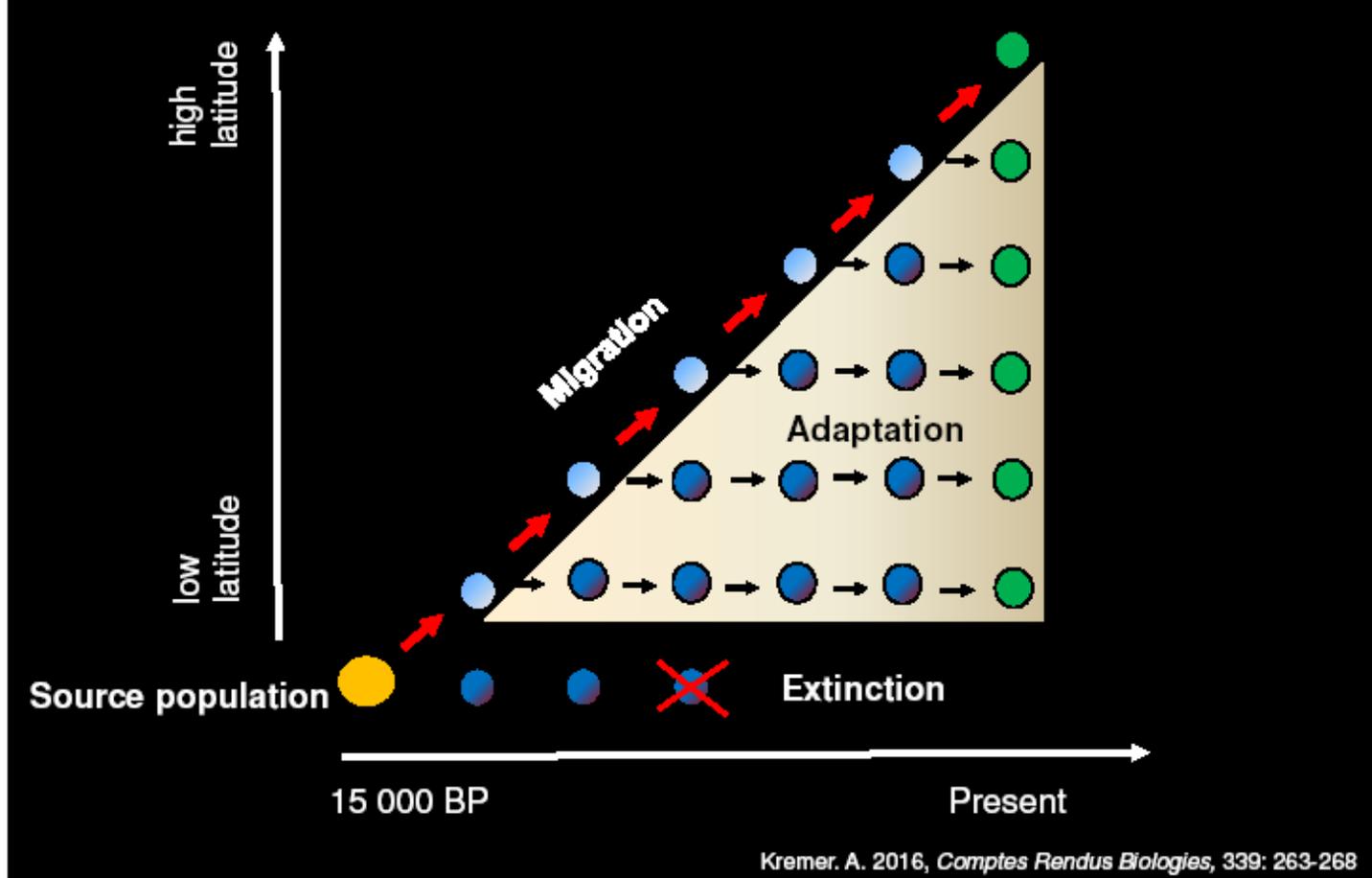


Structure > 100 m de haut  
(*Eucalyptus grandis*)



Age > 5000 ans  
(*Pinus longaeva*)

# TRAJECTOIRES EVOLUTIVES POST GLACIAIRES



Evolution des arbres et des forêts (source: Kremer.A.)

# ADAPTATION

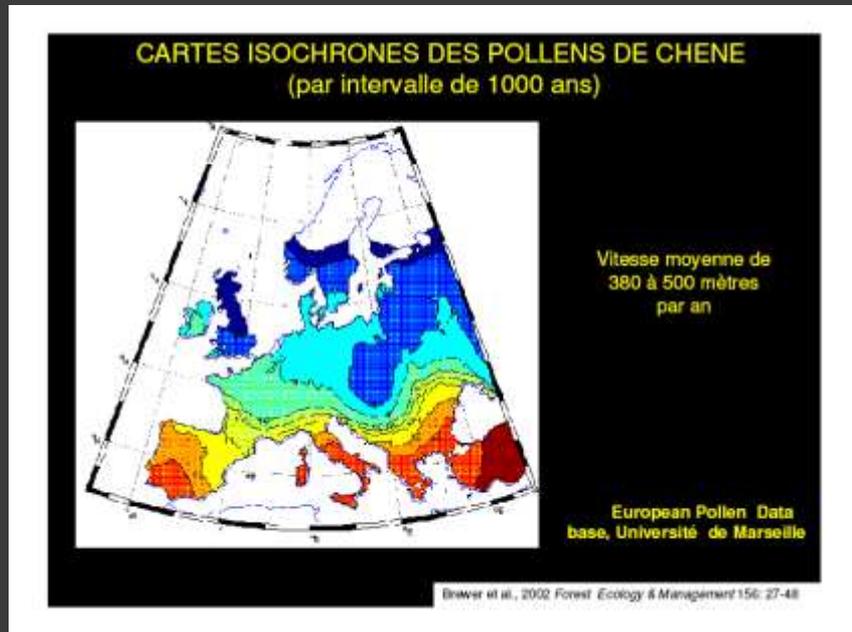


« Arbre à nickel »  
(Nouvelle Calédonie)



Arbre anémomorphosé  
(adaptation au vent)

# MIGRATION



Migrations des populations de chênes  
d'Europe (12 à 7000 ans BP)



Les grands reboiseurs  
de l'Europe

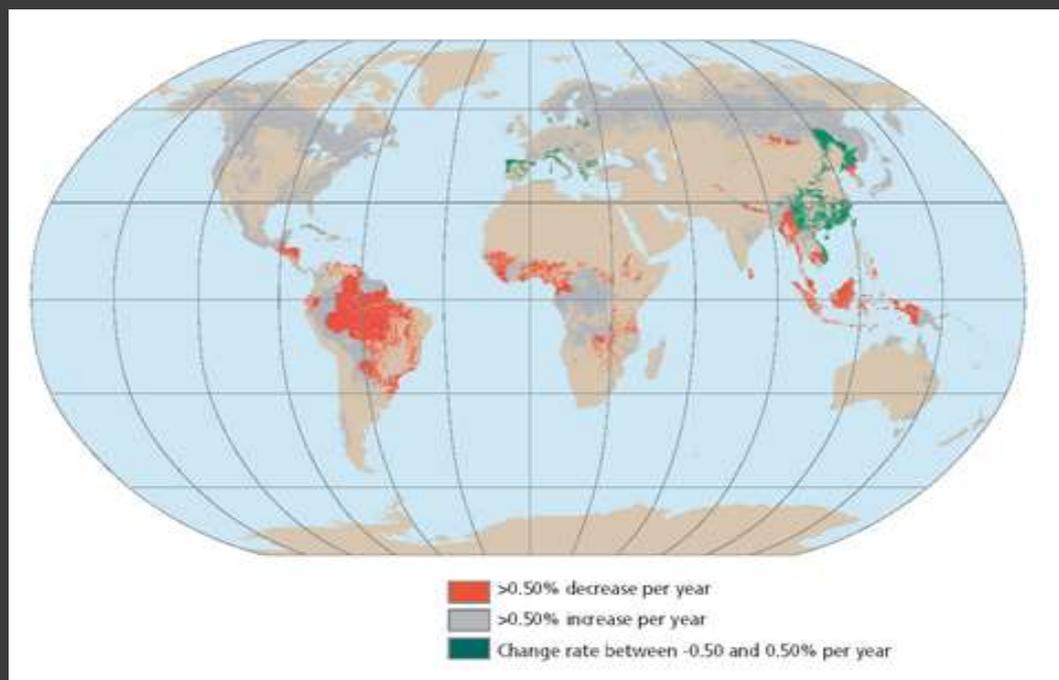
# SITUATION MONDIALE

- surfaces forestières en recul
- principaux puits de carbone terrestre
- hébergent 2/3 de la biodiversité terrestre
- fonctions socio-économiques (énergie, matériau, alimentation, bien-être - )
- vulnérabilité des écosystèmes forestiers aux changements globaux



Source: FAO -2014 situation des forêts du monde

# LA DÉFORESTATION

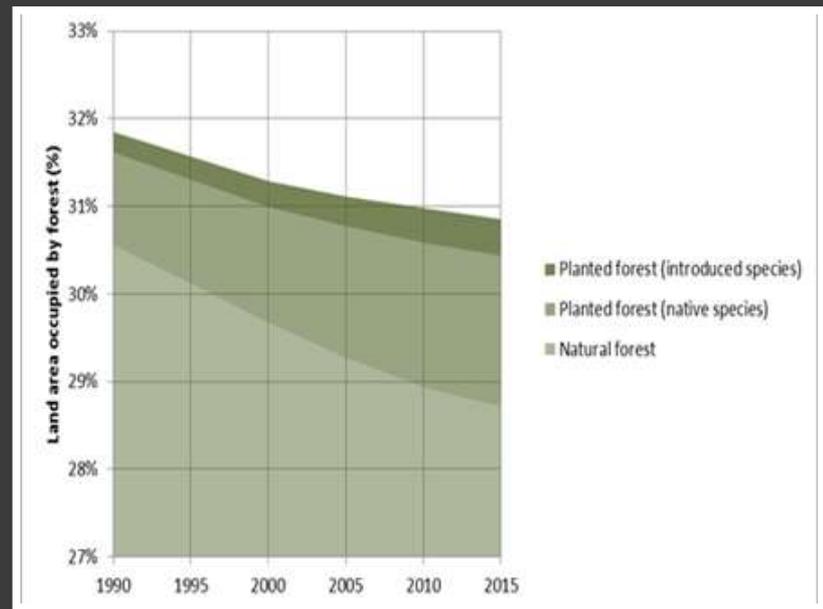


Year	Forest area by region (000 ha)											
	Central America	Caribbean	East Asia	East Africa	Europe	North Africa	North America	Oceania	South America	South and Southeast Asia	West and Central Africa	West and Central Asia
1990	26995.0	5,016.6	209,197.6	319,785.0	994,270.9	39,374.3	720,486.6	176,825.2	930,813.6	319,615.0	346,580.8	39,308.9
2000	23448.3	5,913.0	226,814.5	300,272.9	1,002,301.6	37,692.2	719,197.4	177,641.2	890,817.1	298,645.3	332,407.1	40,451.8
2005	22192.5	6,340.7	241,840.9	291,712.2	1,004,147.0	37,221.1	719,419.2	176,485.3	868,611.4	296,599.7	325,745.6	42,427.0
2010	21010.4	6,745.1	250,503.5	282,519.5	1,013,572.0	37,055.0	722,523.1	172,001.6	852,133.2	295,958.2	318,707.7	42,943.7
2015	20250.3	7,195.4	257,047.1	274,885.7	1,015,482.5	36,217.4	723,207.0	173,523.6	842,010.6	292,803.7	312,999.5	43,510.8

Changements de surfaces des forêts par région FAO entre 1990 to 2015  
 (vert = accroissement, rouge = réduction).



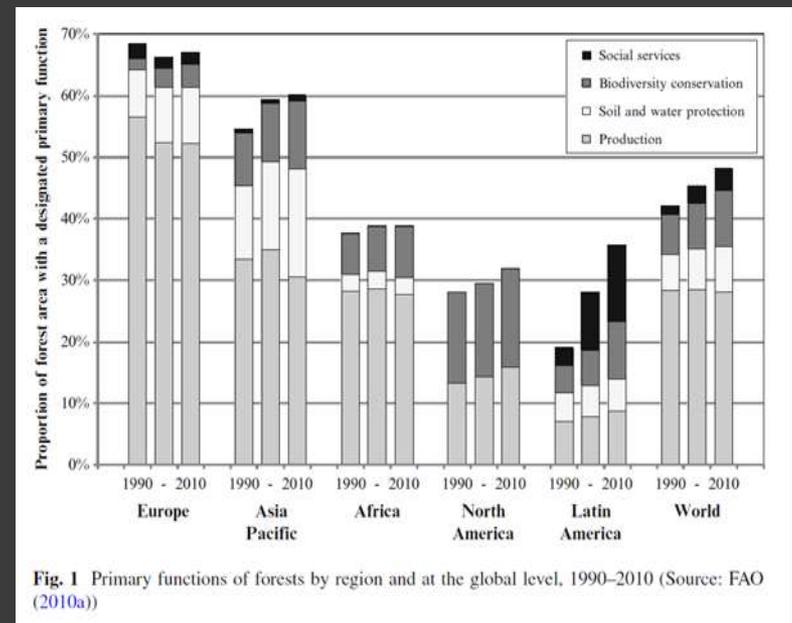
Another problem caused by deforestation



depuis 1990, diminution de la surface (4,28 à 3,99 Mha) et accroissement des plantations (7 % des forêts)

# LES FORÊTS RENDENT SERVICES

- régulation (climat, eau, érosion, maladies...)
- soutien (nutriments, formation des sols..)
- approvisionnement (bois, fibres, énergie, gibier, fruits..)
- culturels et sociaux (récréatifs, esthétique, santé...)



# LES FORÊTS SONT VULNÉRABLES

- Impacts croissants des aléas naturels ou anthropiques sur la santé des forêts:
  - risques « abiotiques »: tempêtes, sécheresses, incendies,...
  - risques « biotiques »: insectes, pathogènes, invasions...
- Accroissement des dégâts attribuables aux changements globaux (climatiques et usages des terres)
- Les réponses des arbres et la vulnérabilité des forêts sont variables selon les espèces et les modes de gestion



**Première liste des victimes**

Le feu prendra-t-il plus lorsqu'il n'y aura plus rien à brûler?

**La nouvelle REPUBLIQUE**  
de Bordeaux et du Grand-Ouest

6 pages GRAND FORMAT

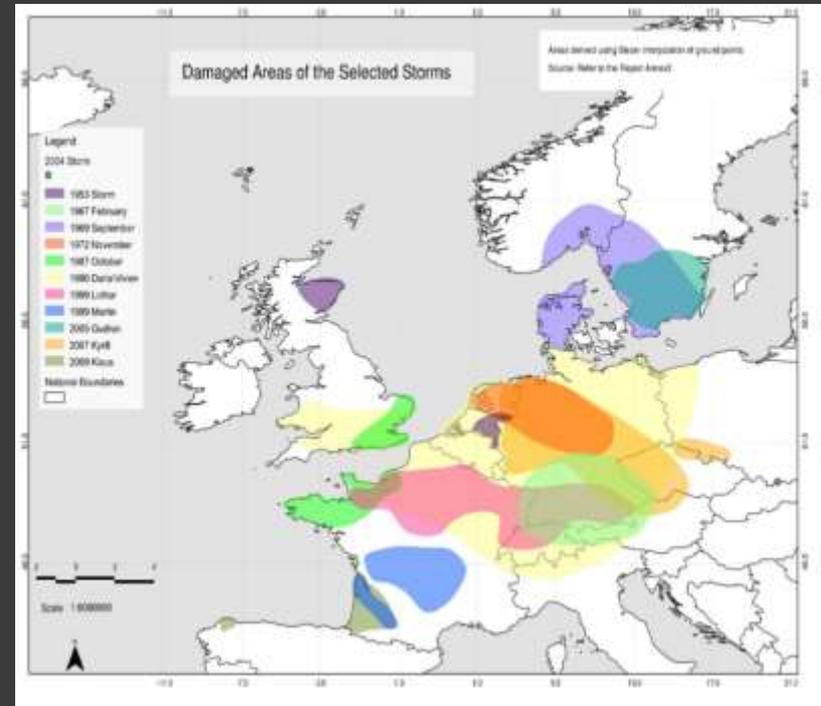
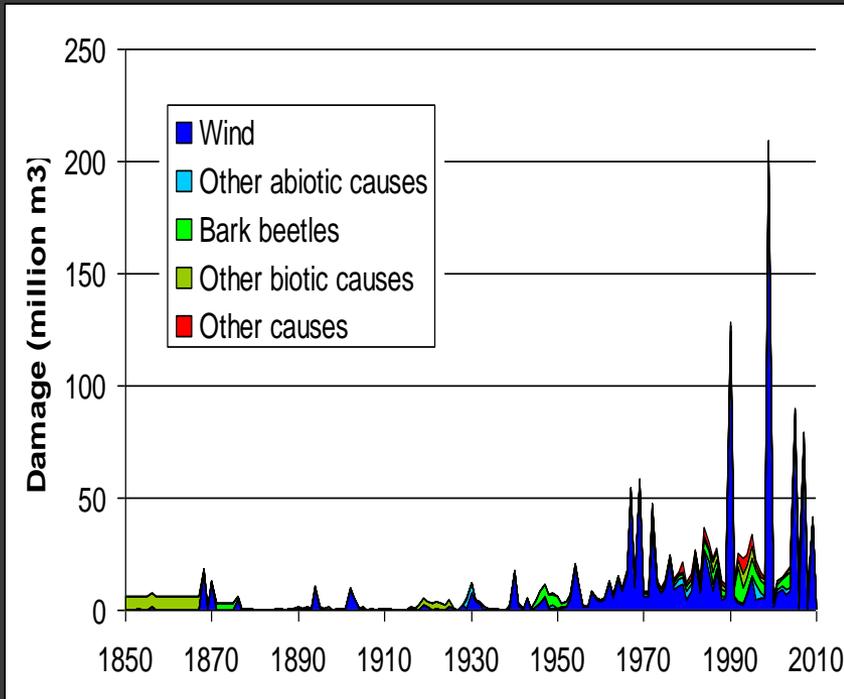
**Plus de 80 morts dénombrés**  
Le feu aux portes de Bourideys  
CIVILS ET MILITAIRES DÉFENDENT LA COMMUNE  
On espérait, à 2 heures du matin, dominer le fléau

Prudence, solidarité et responsabilité

L'identification des victimes lundi soir



# TEMPÊTES ET FORÊTS EUROPÉENNES



Source: Gardiner et al. (2010)

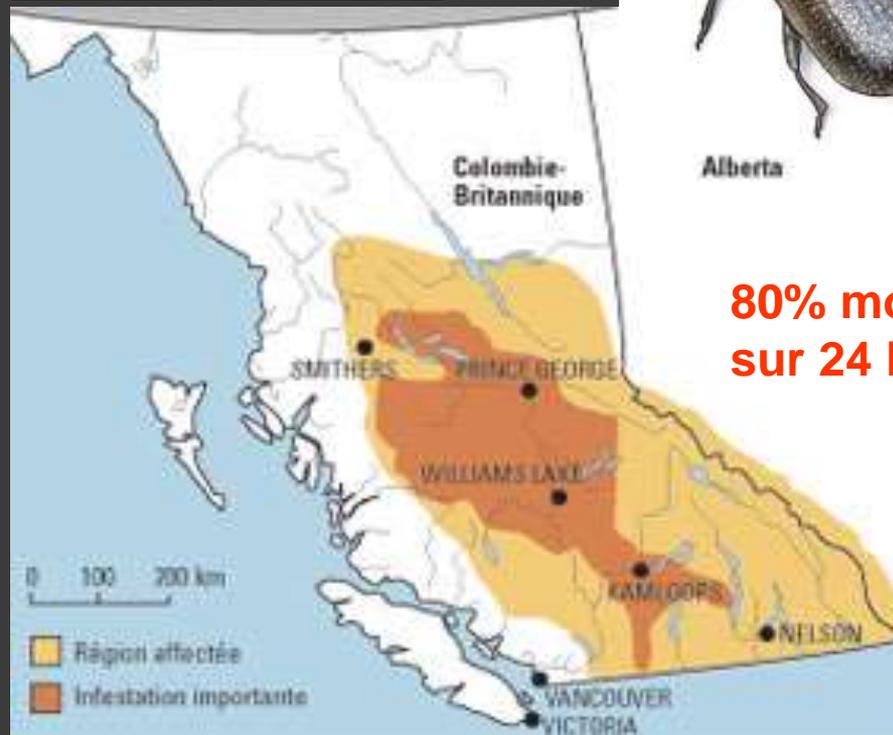
# Impact des changements climatiques sur la santé des forêts



## Dendroctone du pin ponderosa



Alberta



**80% mortalité sur 24 Mo ha**

# Impact des changements climatiques sur la santé des forêts

## Processionnaire du pin

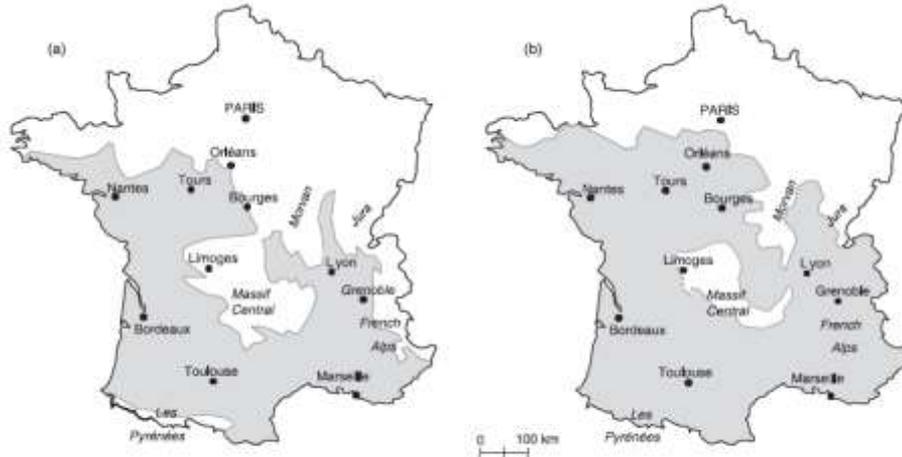


Figure 1 Expanding range of the pine processionary moth (PPM) in France. The shaded area is the PPM range distribution observed (a) in 1969–80 (CTGREF-INRA, 1980) and (b) in 2005 (the PPM front was georeferenced with a GPS by INRA Orléans; Robinet, 2006). Dotted lines indicate that the position of the front is not precisely determined; names in *italics* refer to mountainous areas.

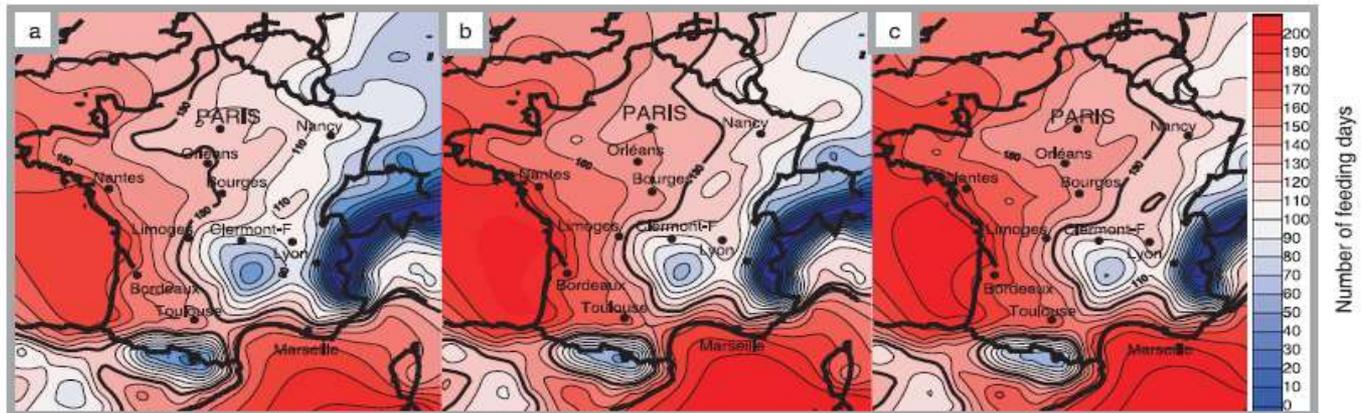
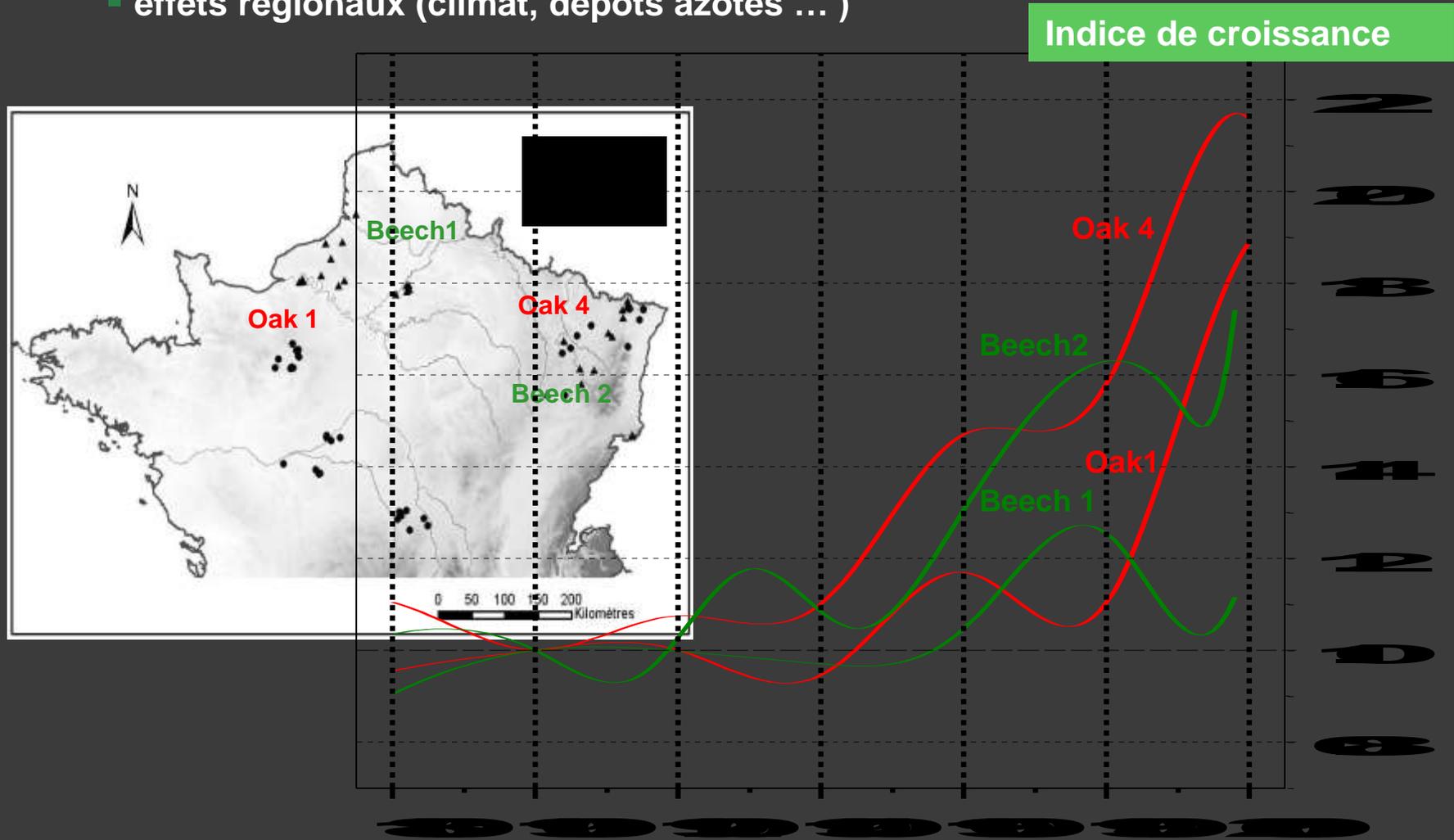


Figure 5 Feeding activity generalized to France using the climate scenario of Météo-France over three periods of time: (a) 1971–2000, (b) 2001–30 and (c) 2031–60.

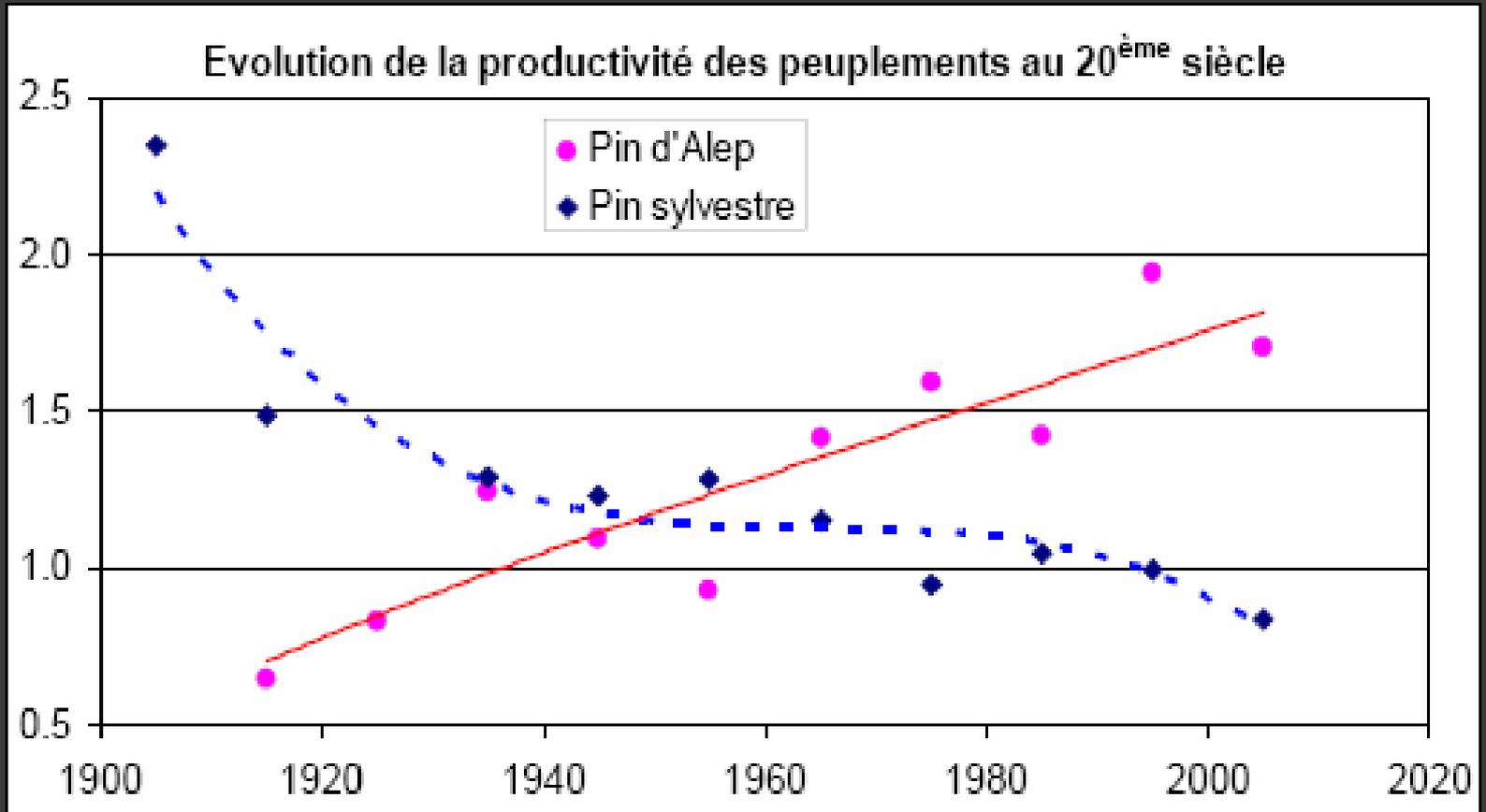
# Impact sur la croissance des arbres (France – Nord)

- tendances et cycles (sécheresses,...)
- différences entre espèces (chênes, hêtres)
- effets régionaux (climat, dépôts azotés ...)



(Source, Bontemps, Dhote & al, INRA)

# Impact sur la croissance des arbres (France – Sud)



Evolution of productivity index during the 20th century for average stands of:

- Aleppo pine (around 400 m of altitude, in pink circles and red line) ;
- Scots pine (around 1100 m of altitude, in blue diamonds and curve) .

(Source: Vennetier, 2005 )

# FORÊTS ET SOCIÉTÉS....

*“Les forêts précèdent les civilisations, les déserts les suivent “ (Chateaubriand)*

- arbres et forêts sources d'identités socio- culturelles
- des civilisations disparues faute de bonne gestion forestière (cf J.Diamond, Collapse)
- la plupart des forêts ont été ou sont habitées par l'homme
- 1,6 milliards de personnes vivent ou dépendent des forêts, la majorité dans les biomes tropicaux
- les forêts façonnées par les sociétés et les politiques



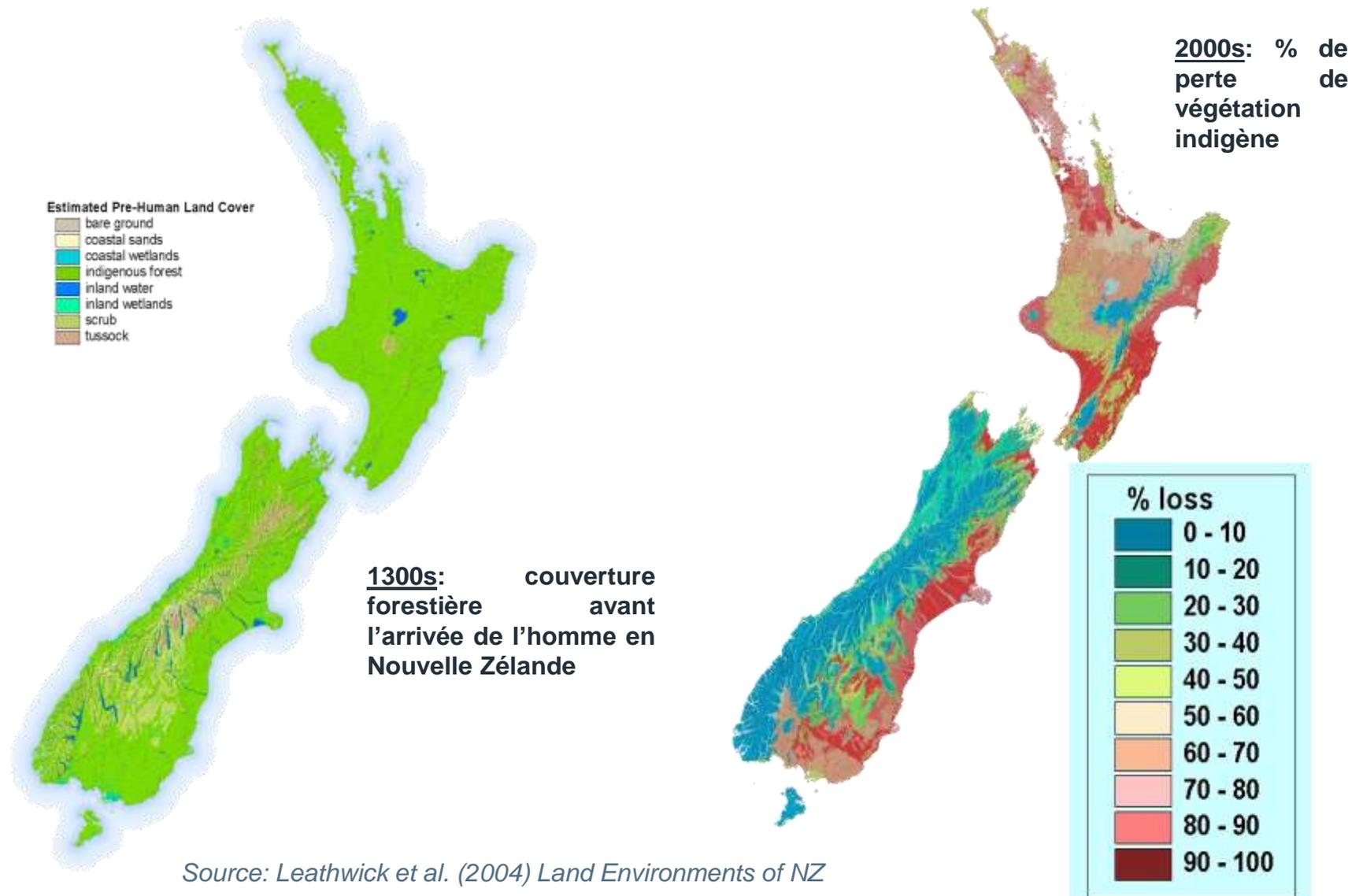
# ENTRE TERRE ET ÉTOILES.....

Tane Mauta



# FORÊTS & SOCIÉTÉS

## DÉFORESTATION ET IMPACTS SUR LA BIODIVERSITÉ



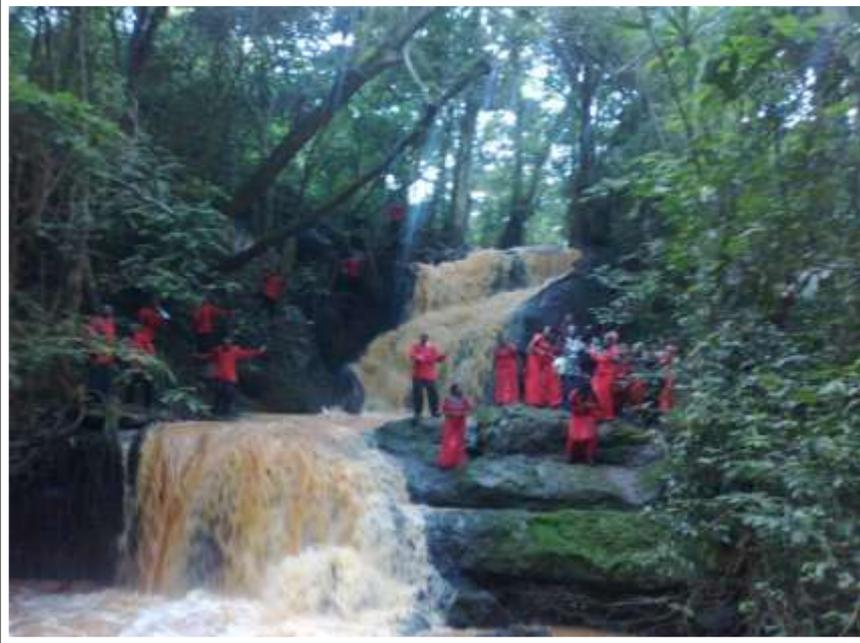
Source: Leathwick et al. (2004) Land Environments of NZ

# FORÊTS MYTHIQUES



Forêt d'Iraty et légendes basques....

# FORÊTS PATRIMOINES



Patrimoine national, parc Uhuru,  
Kenya (Chorale du Service Forestier,  
congrès IUFRO, 2011)

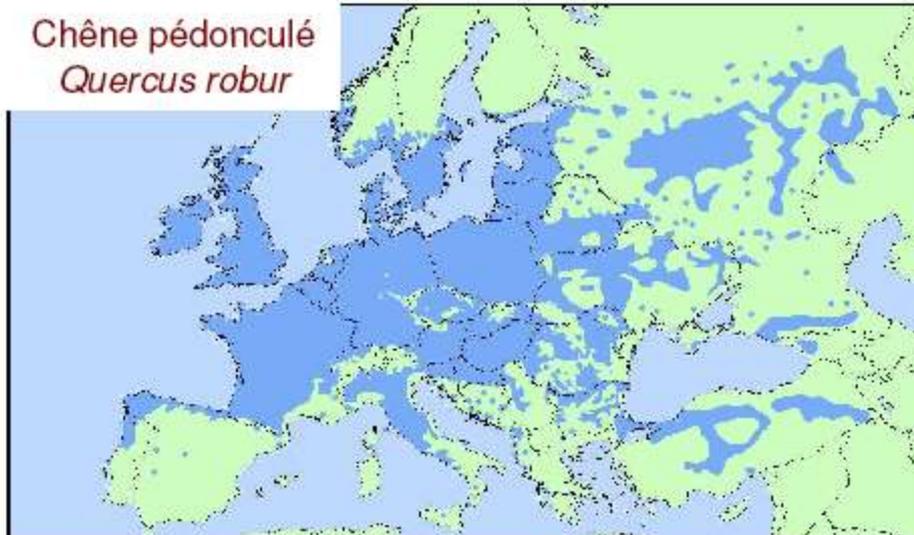


Wangari Maathai, prix Nobel de la paix  
2004, Green Belt Movement

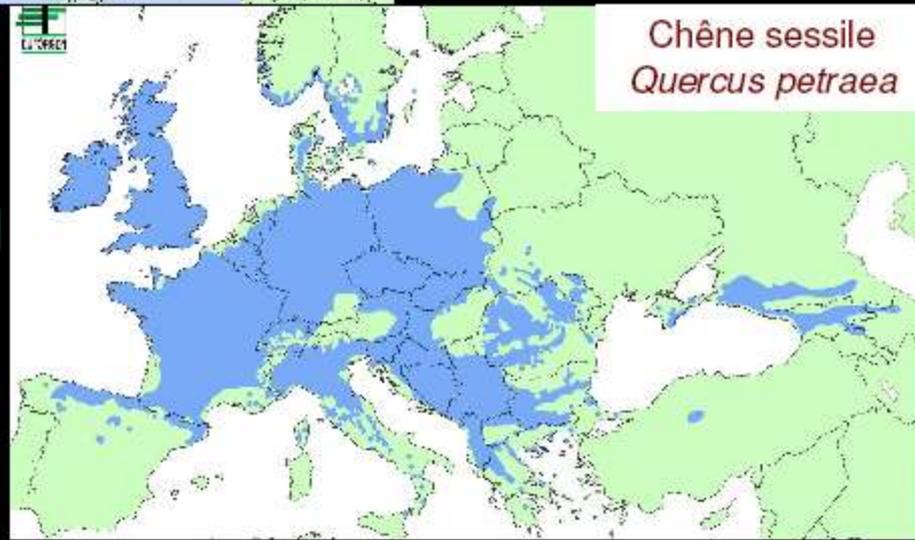
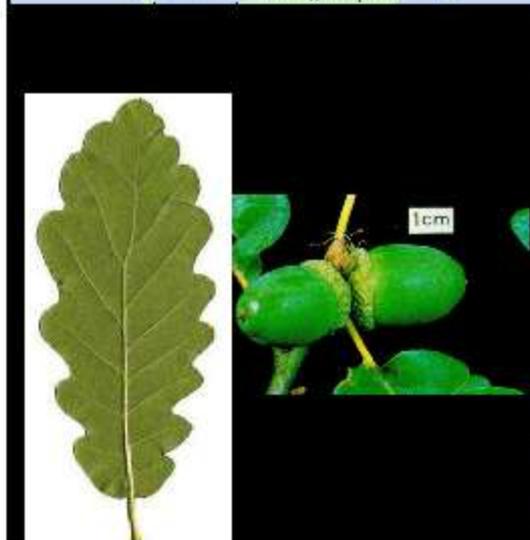


Forêts d'Europe - carte HR des espèces forestières (source Alterra)

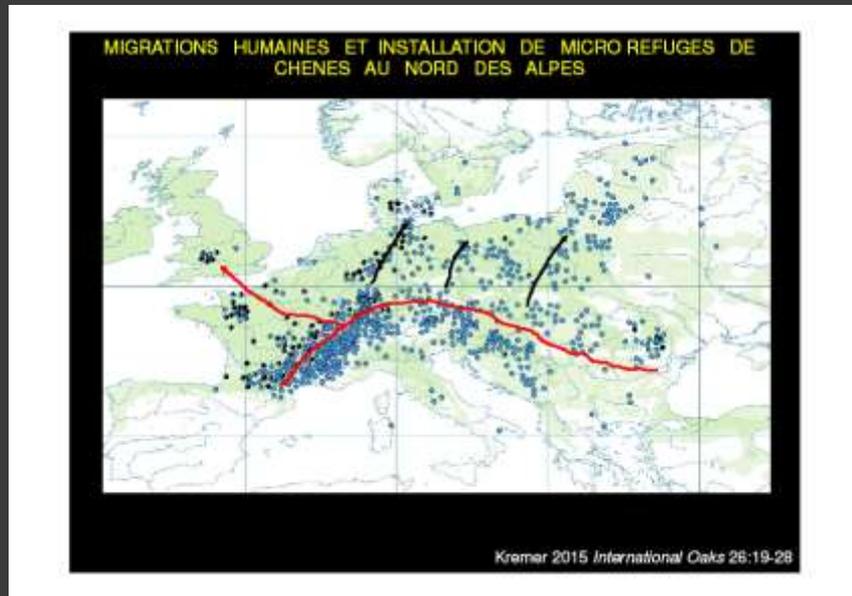
Chêne pédonculé  
*Quercus robur*



Chêne sessile  
*Quercus petraea*



# FORÊTS & MIGRATIONS HUMAINES



Liens entre populations de chênes  
et migrations humaines  
(source: A.Kremer, 2016)



Transport de glands et  
alimentation humaine



XVIIIème siècle, carte historique des Landes de Gascogne (sud)

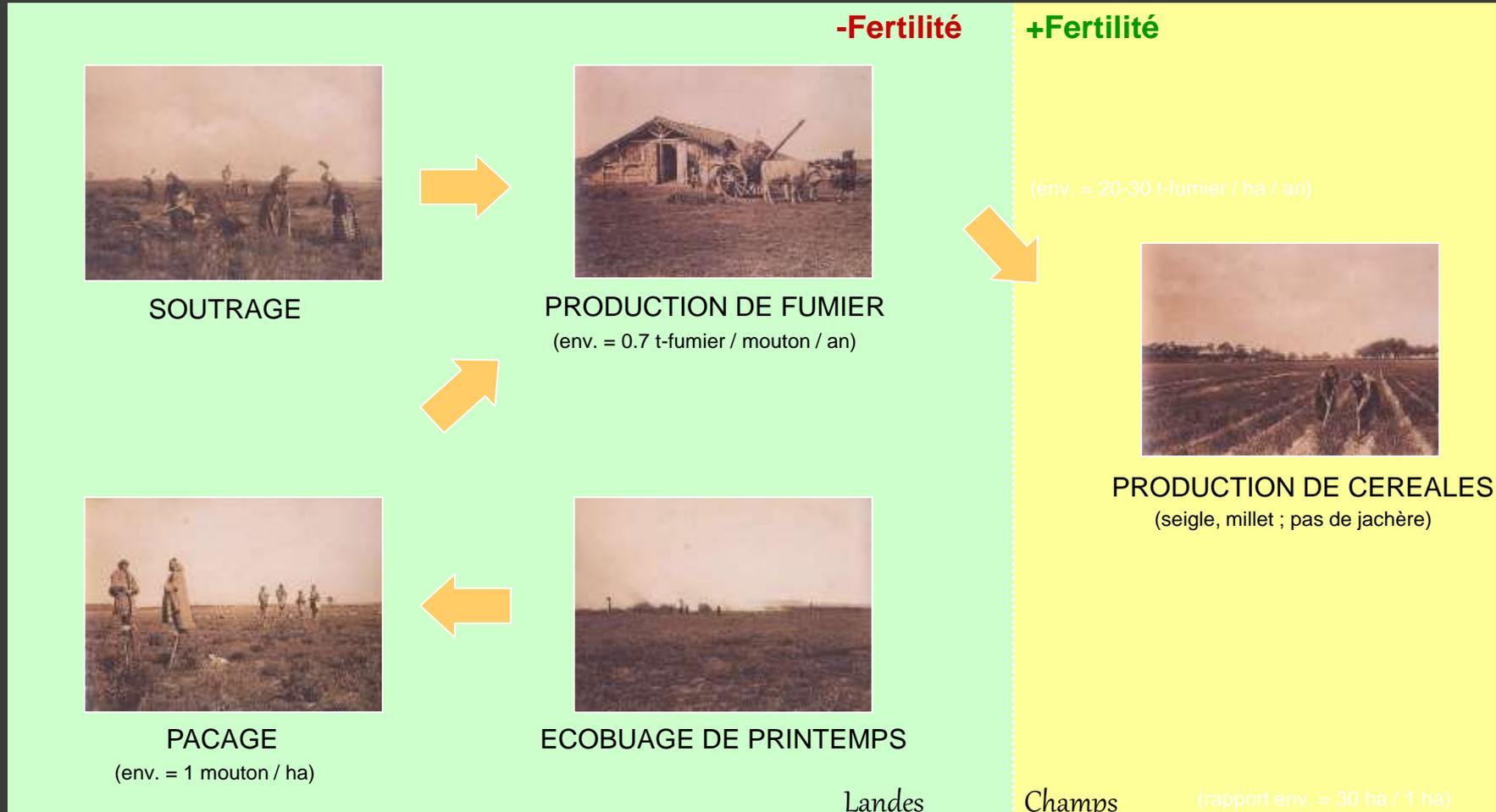
# FORÊTS DE PROTECTION

Fixation des dunes (XVIII & XIX<sup>ème</sup> siècles)

- P Amadiou-de-Ruat (1713) , puis Frères Desbiey: *ensemencement des dunes en pins, protection par fascinage et clayonnage*
- Louis Desbiey: (1774) « *Recherches sur l'origine des sables de nos côtes, sur leurs funestes incursions vers l'intérieur des terres, et sur les moyens de les fixer ou du moins d'en arrêter les progrès* » (mémoire à l'Académie de Bordeaux)
- Brémontier: organisation et mise en œuvre , (1801) commission des dunes (Gironde, Landes) / 1810: décret de Napoléon 1<sup>er</sup> ordonnant la fixation des dunes
- au total, 80 000 ha de dunes fixées et boisées au XIX<sup>ème</sup> siècle, plus grand domaine forestier continu géré par l'ONF

# ÉQUILIBRE AGRICULTURE & FORÊT

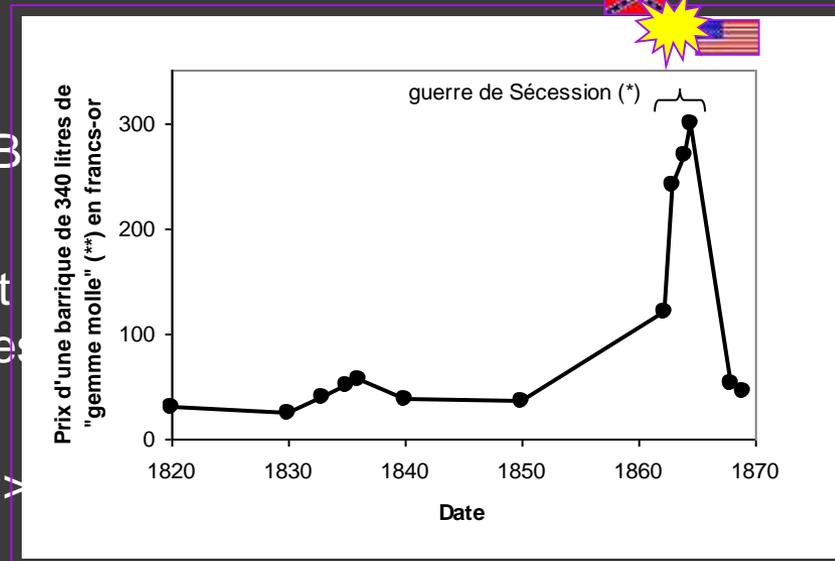
## Les Landes de Gascogne : agro-sylvo-pastoralisme (< 1857)



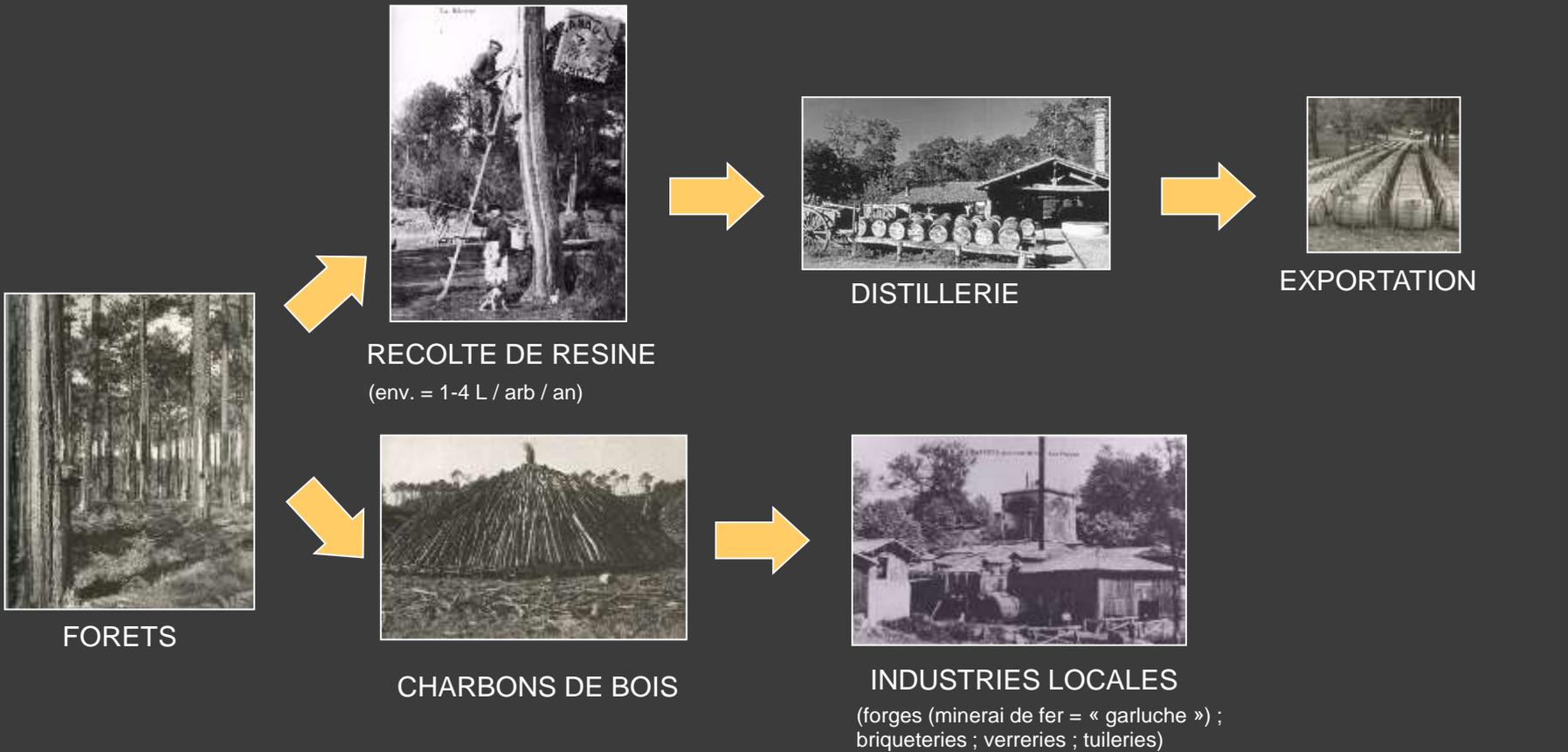
# FORÊTS INDUSTRIELLES (1)

Mise en valeur et boisement des Landes de Gascogne (XIX<sup>ème</sup> siècle)

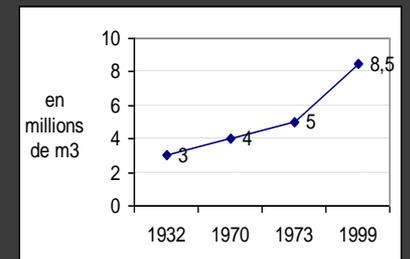
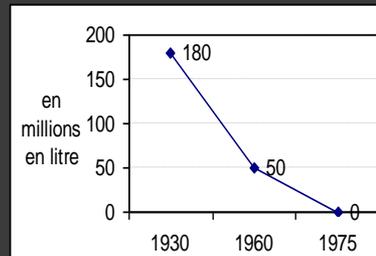
- Expérimentations d'assainissement et de boisement: Chambrelent (Cestas-Pierroton) et Crouzet (domaine de Solférino, Landes)
- 1854-1857-1860: lois sur l'assainissement et la mise en valeur des Landes de Gascogne
- 1855: construction de la voie ferrée B
- « Enrésinement » et développement au total, plus de 800 000 ha de landes
- Âge d'or de la résine < 1860 – 1940 >

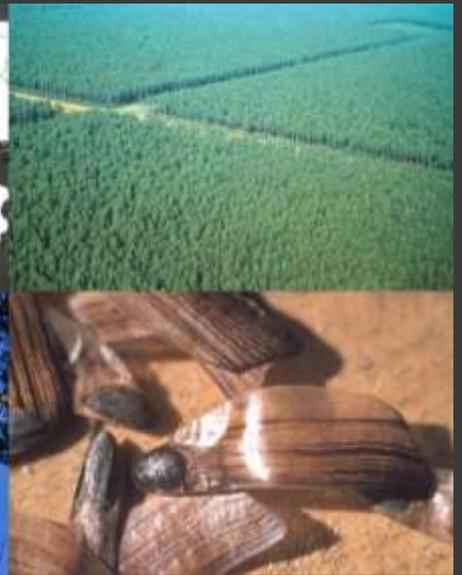


# FORÊTS INDUSTRIELLES (2)



**1930-2000: de l'économie de la résine à l'économie du bois:**





# EVOLUTION MASSIF DES LANDES (1)

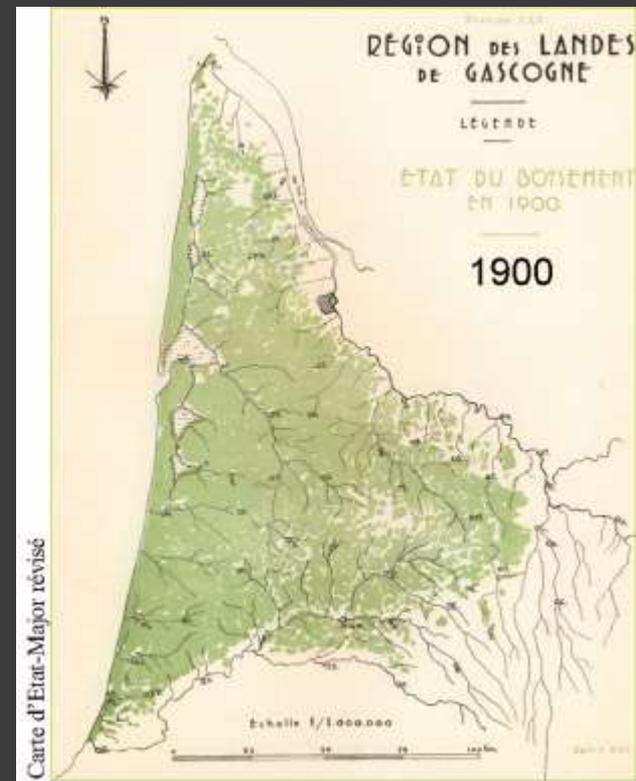
D'après les cartes de Cassini et de Belleyme



1<sup>re</sup> édition de la Carte d'Erat-Major



Carte d'Erat-Major révisé

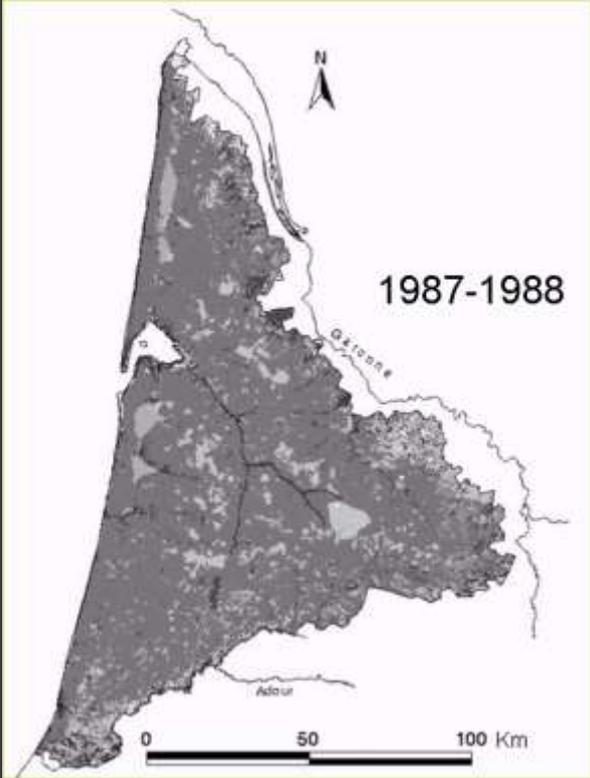
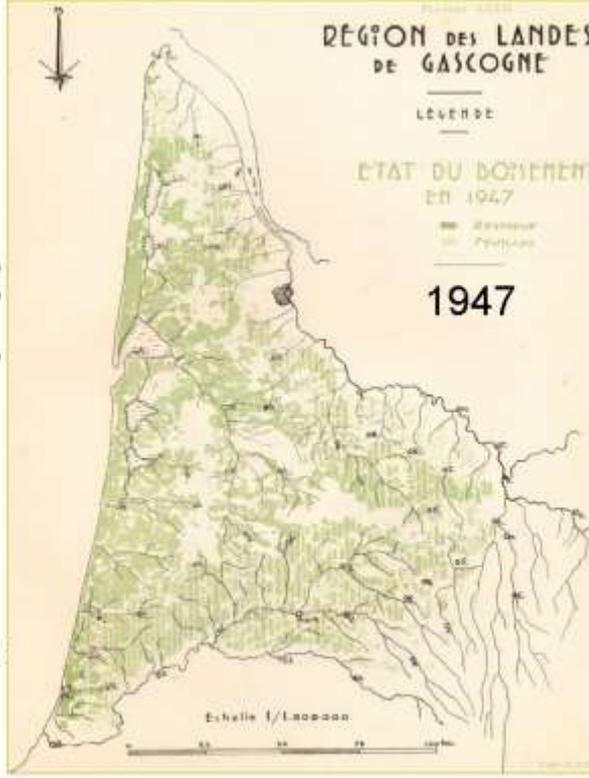


# EVOLUTION MASSIF DES LANDES (2)

Nouvelle révision de la Carte d'Etat-Major



Carte des types de landes au 50.000<sup>m</sup> et photographies aériennes



# FORÊTS CULTIVÉES



# FORÊTS URBAINES....

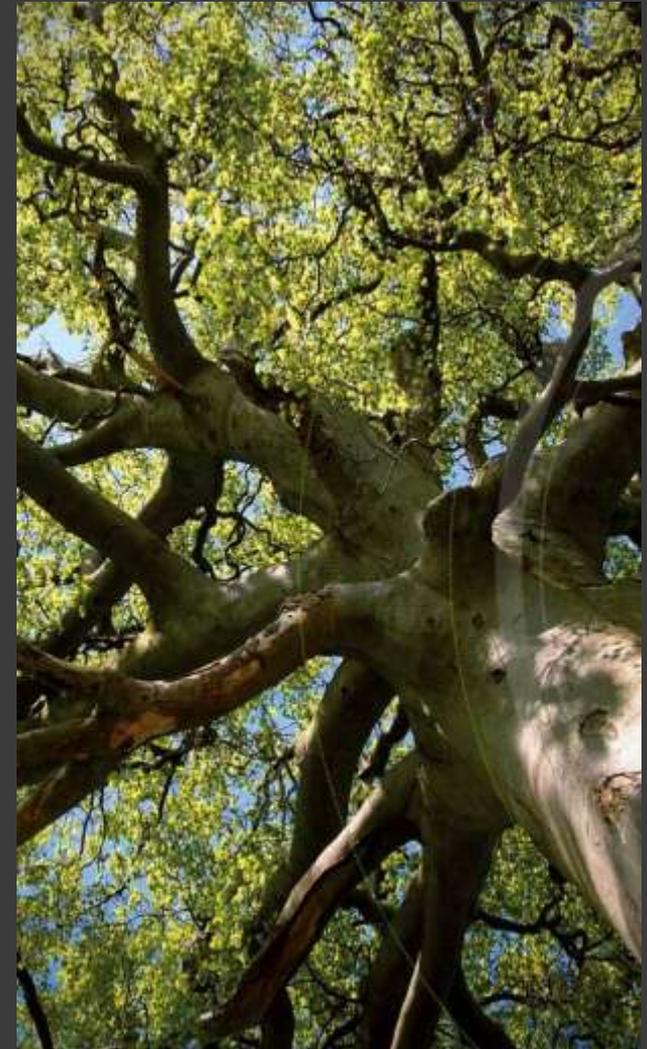


# FORÊTS URBAINES....



# HUIT SIÈCLES DE GESTION EN FRANCE

- 1219 - ordonnance royale de Philippe Auguste traitant des eaux et forêts
- 1346 - premier code forestier royal <notion de soutenabilité >
- 1669 - ordonnance de Colbert ; forêts # 10 % <régénération des forêts, organisation administration des forêts>
- 1827 - nouveau code forestier <modèle économique industriel et productiviste>
- 1958 - création de l'inventaire forestier national
- 1960 - loi créant les parcs nationaux
- 1985 - loi d'orientation forestière <gestion, valorisation, protection>
- 2001 - nouvelle loi pour la gestion durable <développement durable et critères européens de gestion des forêts>
- 2016 - programme national forêt-bois <adaptation des forêts et valorisation du bois>



# GESTION DURABLE...UNE UTOPIE?

- **du rendement soutenu ....**
  - vision utilitariste: prélever la quantité de bois qui repousse
  - volume maximum de bois prélevable en maintenant la capacité productive de la forêt à long terme
- **à la gestion durable.....**
  - maintenir les fonctions économiques, environnementales et sociales des forêts pour les générations présentes et futures
  - fourniture de multiples biens et services forestiers
- **gérer ou conserver – faut-il choisir ?**
  - importance de la conservation des forêts tropicales et de la protection des forêts contre les pollutions (pluies acides)
  - limites des modes de conservation classique (sous cloche)
  - > préserver les capacités d'évolution et d'adaptation

# GESTION DURABLE....UNE RÉALITÉ?

- des processus politiques intergouvernementaux et nationaux (Forest Europe, Montréal, ...)
- des principes, critères et indicateurs de gestion durable des forêts
- des processus « marchands » de certification et de labels de gestion durable des forêts (FSC, PEFC...)...environ 10% des forêts sont certifiés
- une difficile coordination internationale (UNFF, CPF,...) en lien avec les conventions internationales des nations unies (CBD, UNCCD, UNCC)
- une évolution lente des pratiques de gestion forestière...

# RESSOURCE GLOBALE

## Tendances de la biomasse totale dans la forêt par région 1990-2010

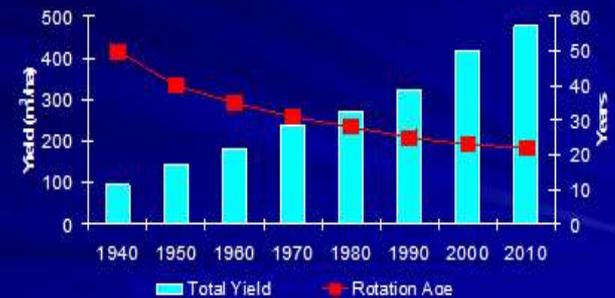
Région/sous-région	Biomasse totale dans la forêt (millions de tonnes)			
	1990	2000	2005	2010
Europe sans la Fédération de Russie	19 866	22 630	24 097	25 602
Total Europe	84 874	86 943	88 516	90 602
Total Amérique du Nord et centrale	78 143	79 585	80 637	81 736
Total Amérique du Sud	230 703	222 251	217 504	213 863
Total Afrique	129 390	123 839	121 309	118 700
Total Asie	77 589	76 532	75 822	73 864
Total Océanie	22 095	21 989	21 764	21 302
<b>Monde</b>	<b>622 794</b>	<b>611 140</b>	<b>605 553</b>	<b>600 066</b>

récolte bois / biomasse # 2,5 ‰

Estimations 2005	Surfaces	Productivité
	Mha	m <sup>3</sup> /ha/an
<b>Total des forêts</b>	<b>4 033</b>	<b>0,8</b>
Forêts « naturelles »	3679	0,6
Plantations	264	4,1
<b>Forêts productives</b>	<b>1131</b>	<b>3,0</b>
Forêts « naturelles » productives	867	2,6
Plantations productives	201	5,4
Plantations extensives	147	4,4
<b>Plantations industrielles</b>	<b>54</b>	<b>8,3</b>

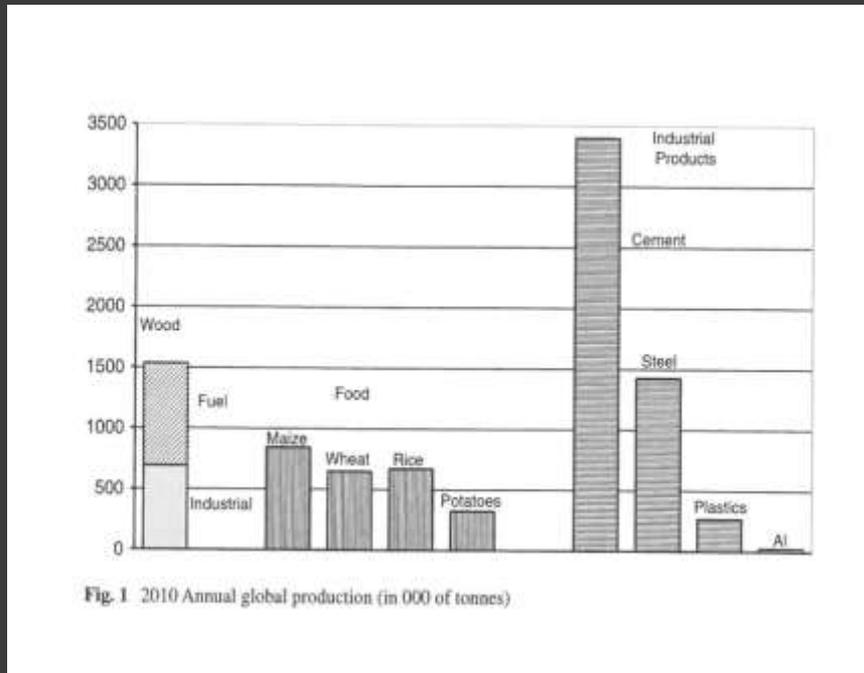
## Productivité / type forêts

Impact of Improvement in Plantation Management on on Harvest Volume and Rotation Length



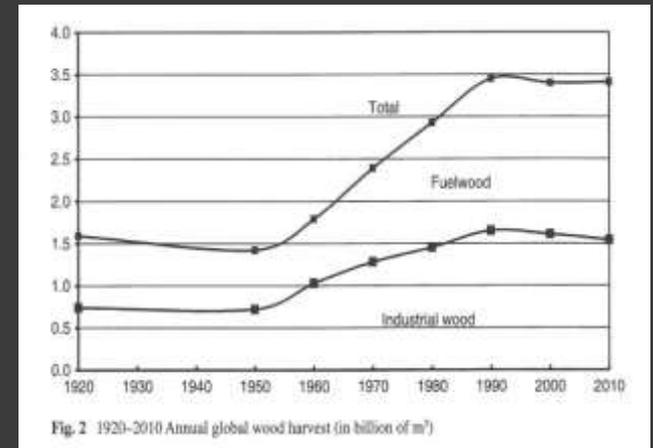
Productivité plantations pins USA (1940-2010)

# RÉCOLTE GLOBALE

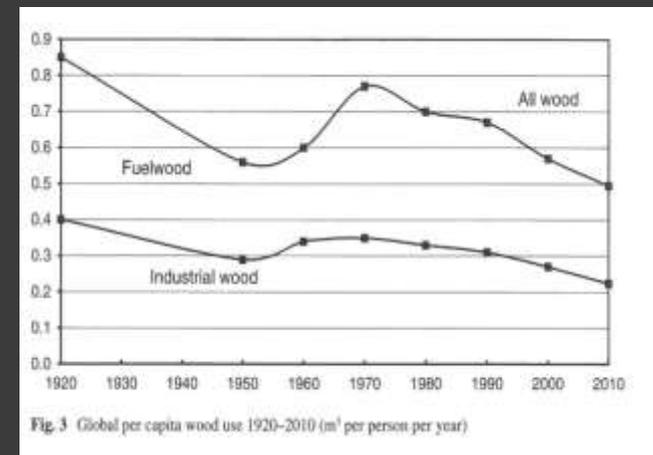


Production globale de bois, céréales et matériaux

(source: T.Fenning, 2015)

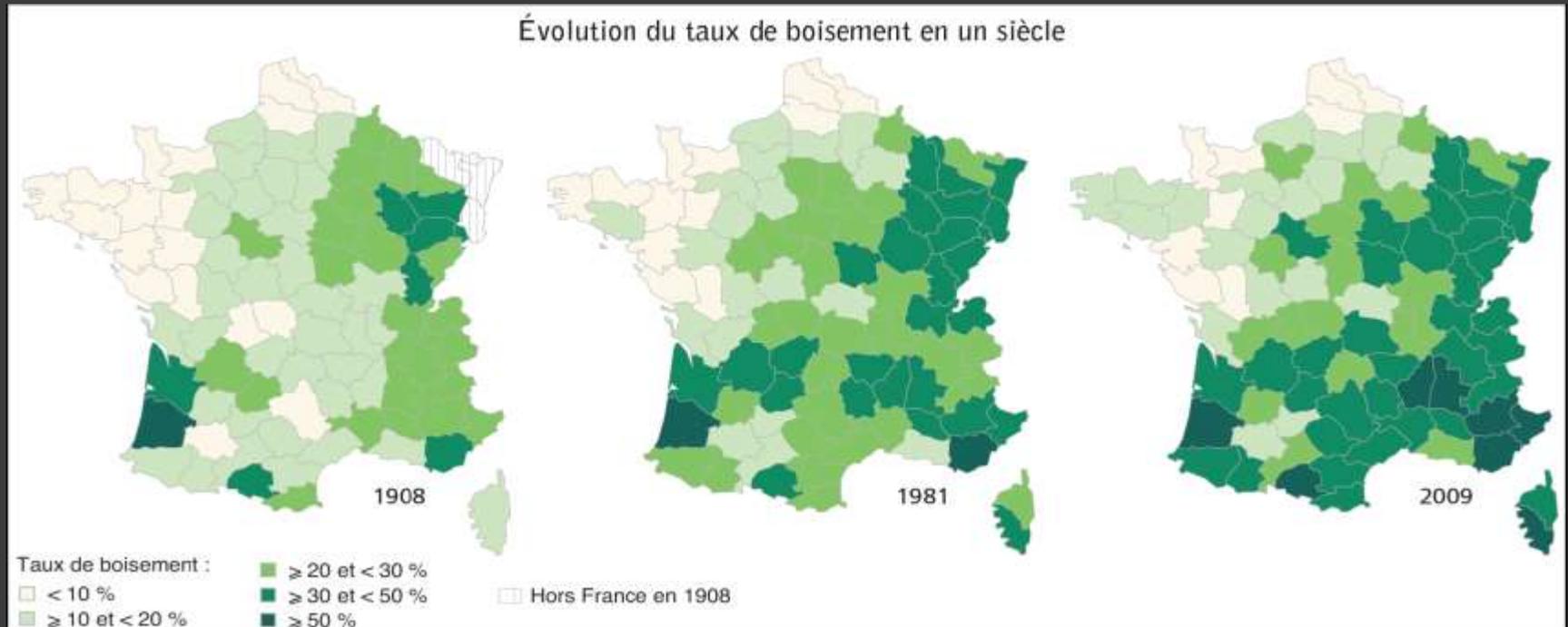


Récolte globale de bois (1920-2010)



Consommation de bois/hab.(1920-2010)

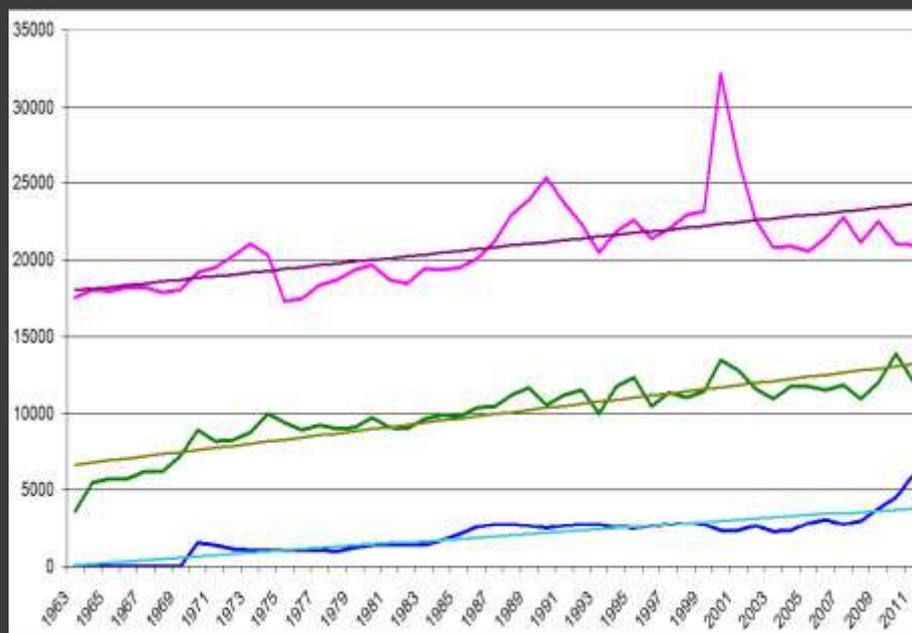
# MAINTIEN DES RESSOURCES FORESTIÈRES



- des forêts en expansion depuis 1830 (9,5 à 16 M ha)
- volume sur pied en augmentation +810 Mm<sup>3</sup> (1981-2011)
- taux de prélèvement annuel de 60 % de l'accroissement biologique (2015)

# RÉCOLTE & MARCHÉS BOIS

Evolution marchés du bois (BO, BI, BE) en milliers de m3



Source: Agreste-Enquête de branche



**Bioraffinerie Bois  
Tembec Tartas**

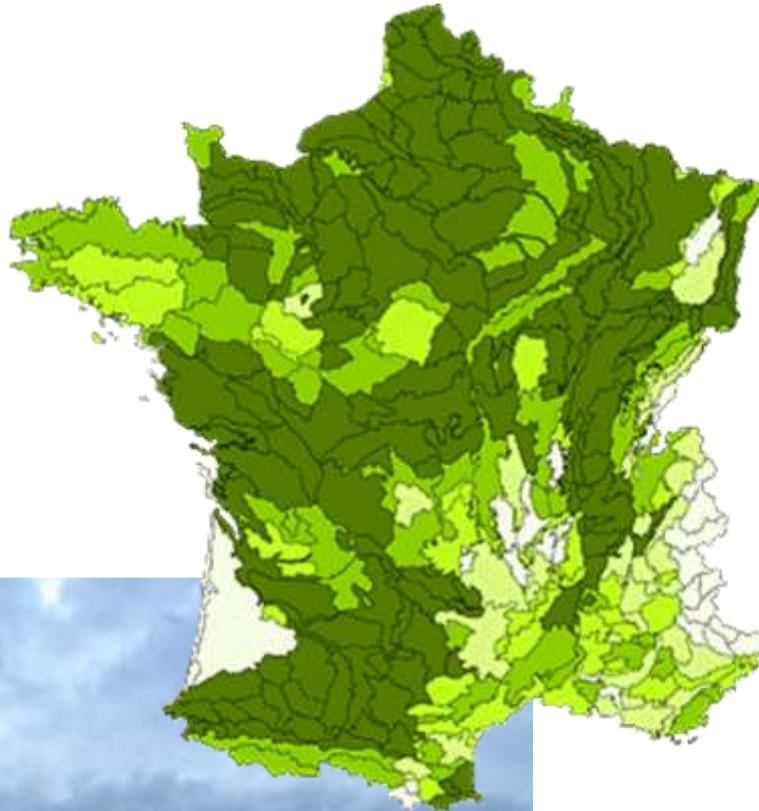


**Chaufferie bois Planoise  
13 000 t/year (Besançon)**

# STOCKAGE DE CARBONE



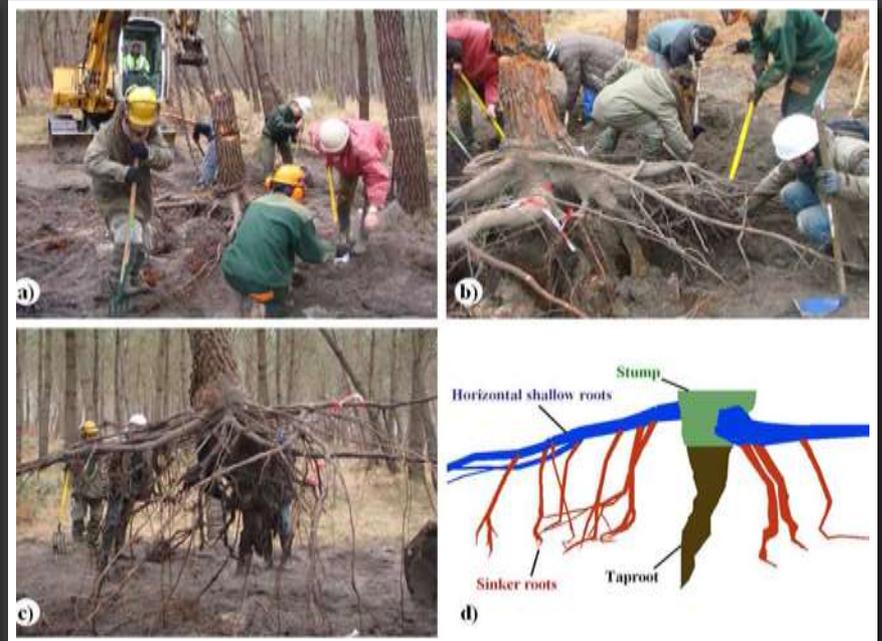
# CONSERVATION DE LA BIODIVERSITE des ressources forestières



# PROTECTION DES SOLS ET DES EAUX



Forêt de protection des sols (fixation des dunes)



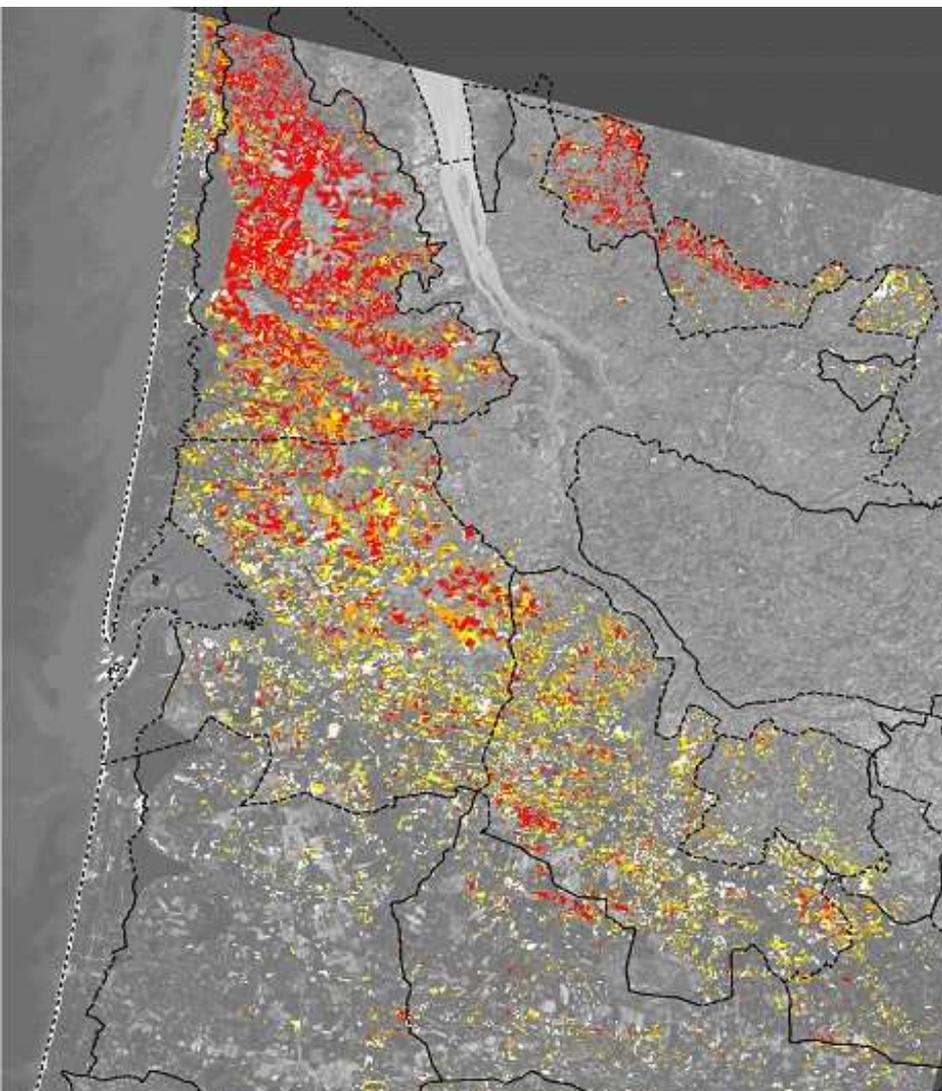
Rôle des systèmes racinaires (exemple du pin maritime)

# SANTÉ DES FORÊTS & GESTION DES RISQUES

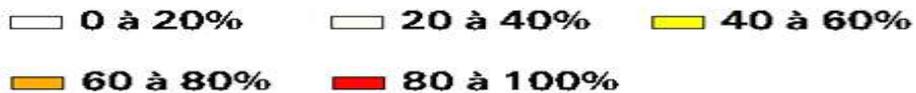


Forêt des Landes de Gascogne , Tempête Klaus, 2009 (BV du Bourron, 33)

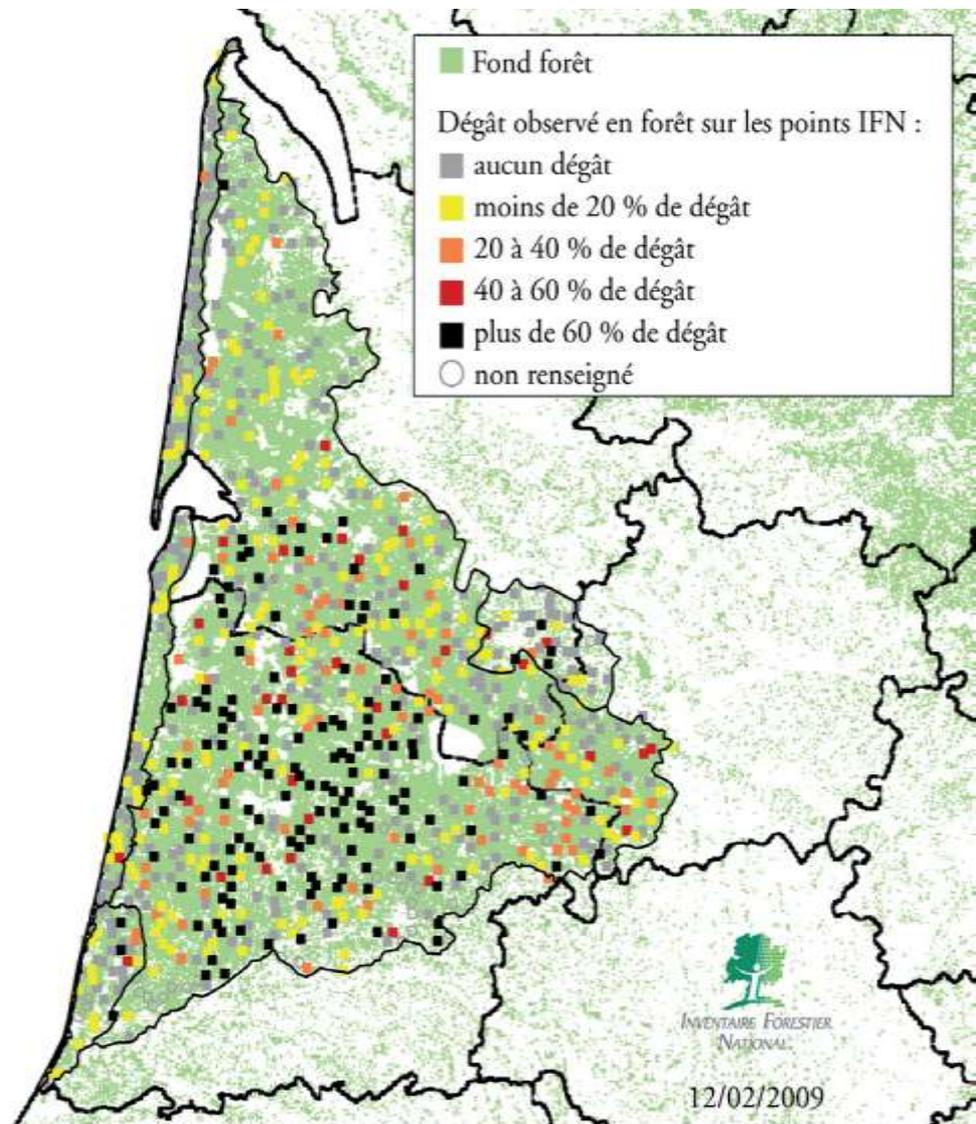
## Décembre 1999 – Aquitaine (24 Mm<sup>3</sup>)



### Intensité des dégâts



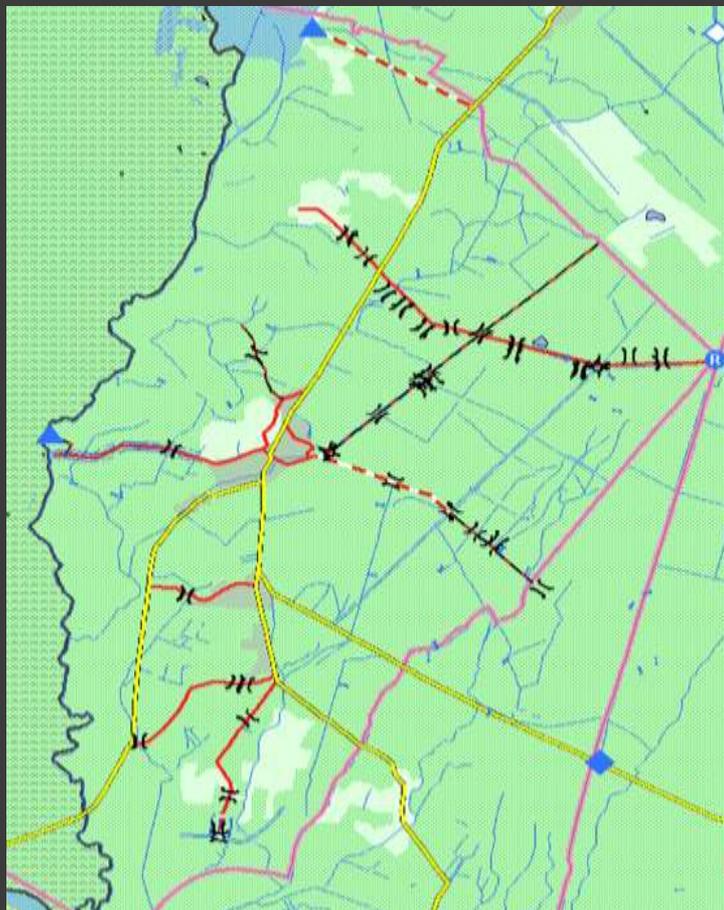
## Janvier 2009 - tempête Klaus (43 Mm<sup>3</sup>)



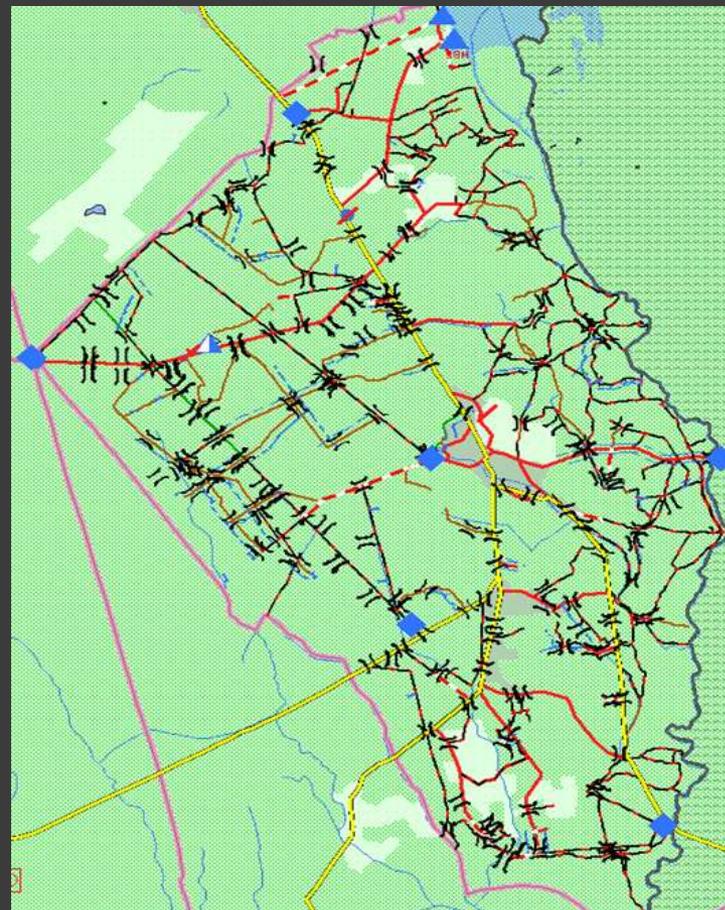
### Massif des Landes de Gascogne

État d'avancement de l'évaluation des dégâts en forêt au 12 février 2009 par retour sur les points IFN des quatre dernières campagnes d'inventaire.

# GESTION DES RISQUES

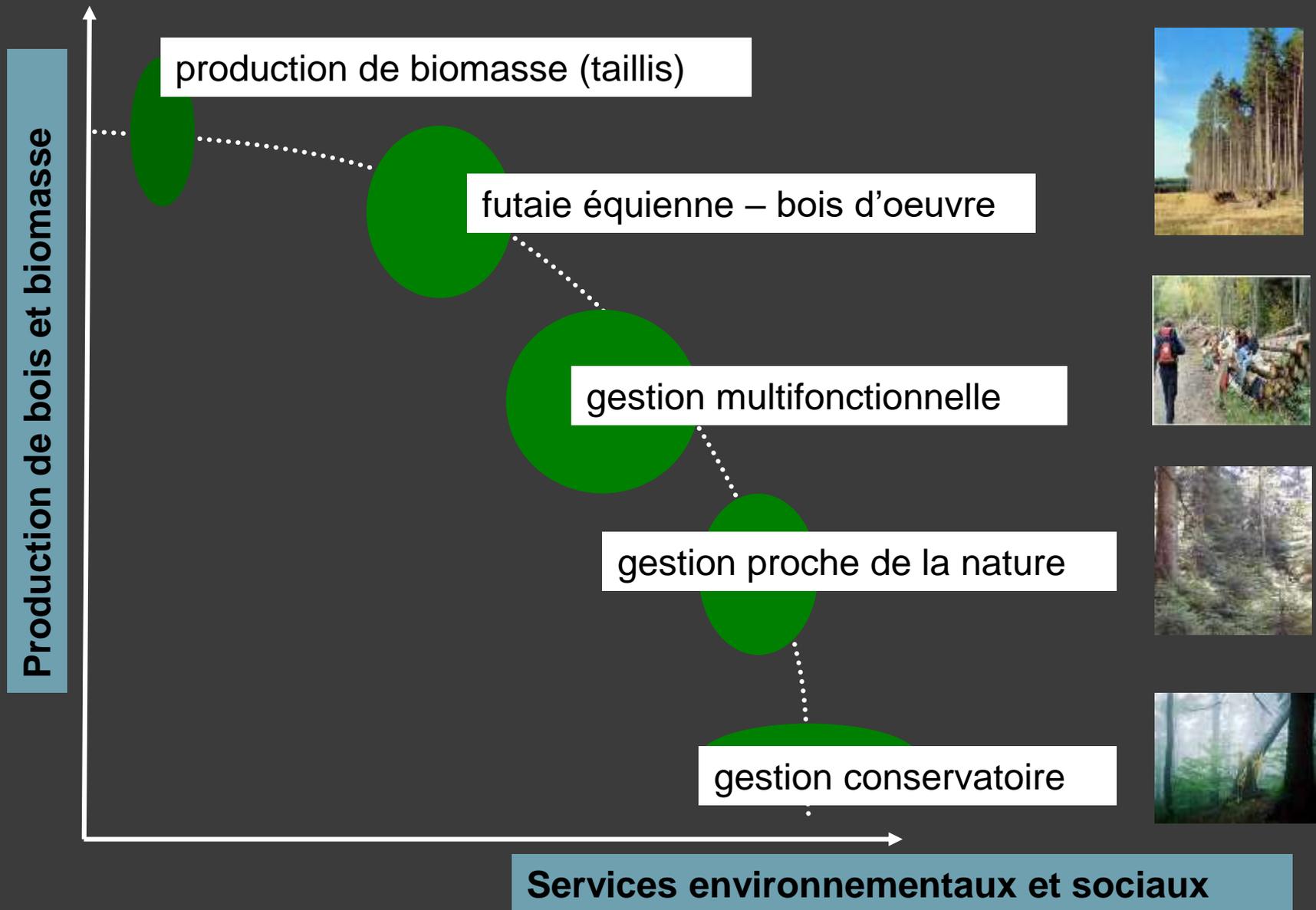


1950 – infrastructures de défense des forêts contre les incendies (Massif des Landes)



2000 – même zone aménagée (pistes, ponceaux, fossés, points de ponpage)

# MODES DE GESTION FORESTIÈRE EN EUROPE





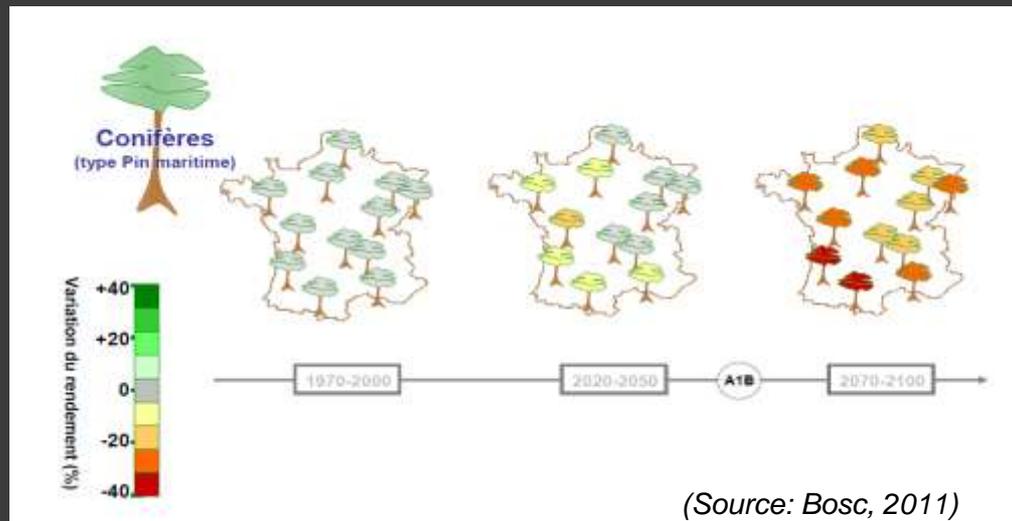
FORÊT DE DEMAIN

# DES ÉVOLUTIONS ACCÉLÉRÉES AU XXI SIÈCLE...

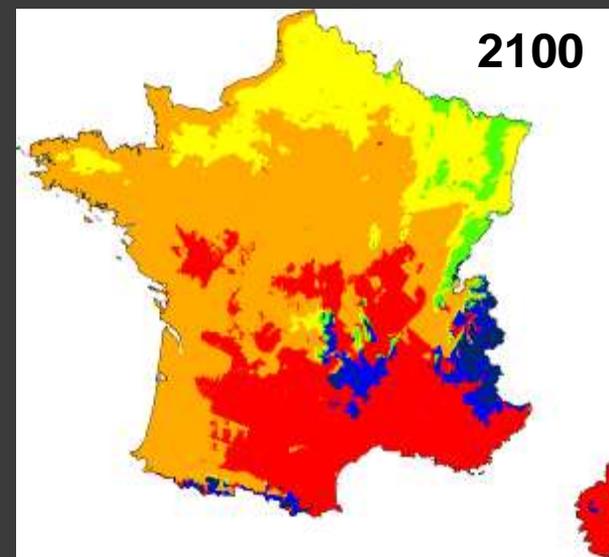
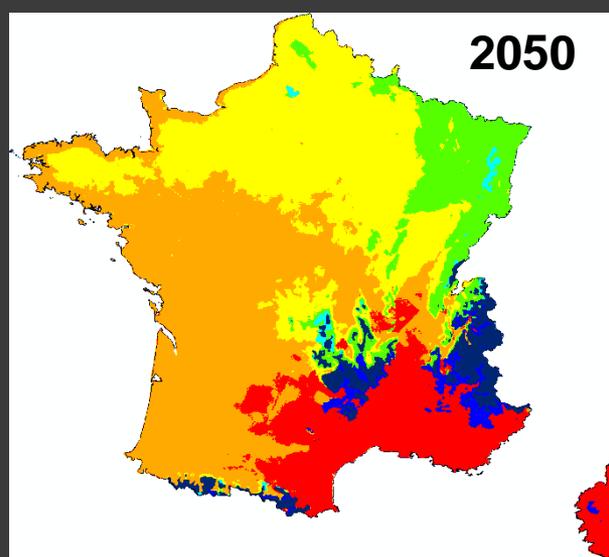
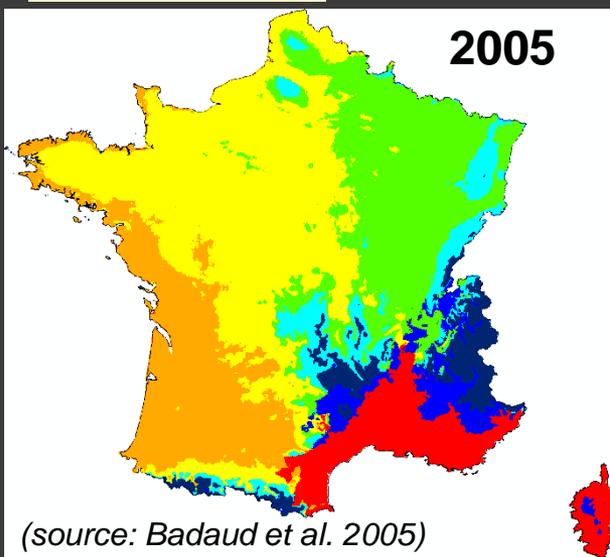
## Production primaire:

les modèles montrent des évolutions rapides de la végétation au delà de 2°C de réchauffement –  
ex: sous scénario A1B, baisse productivité de 20 à 40 % du pin maritime après 2050

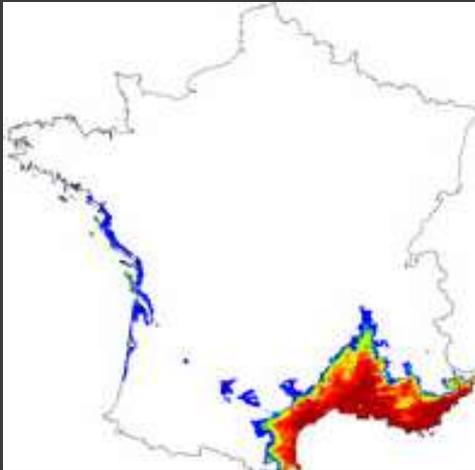
- Alpin
- Montagnard
- Collinéen
- Continental
- Plaines
- Atlantique
- Méditerranéen



## Evolution des aires de répartition des groupes d'espèces

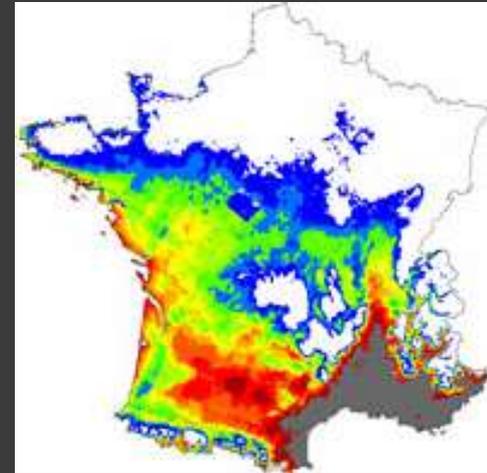


# ÉVOLUTIONS POTENTIELLES DES AIRES DE RÉPARTITION DES ESPÈCES FORESTIÈRES

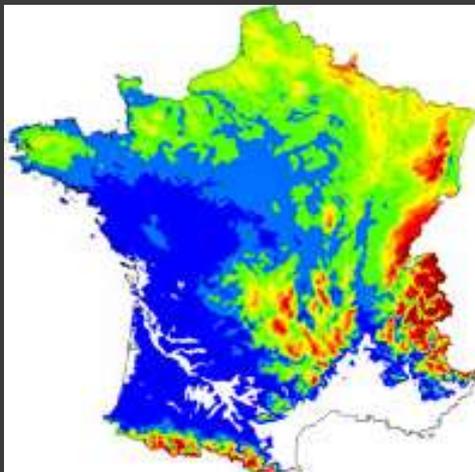


2005

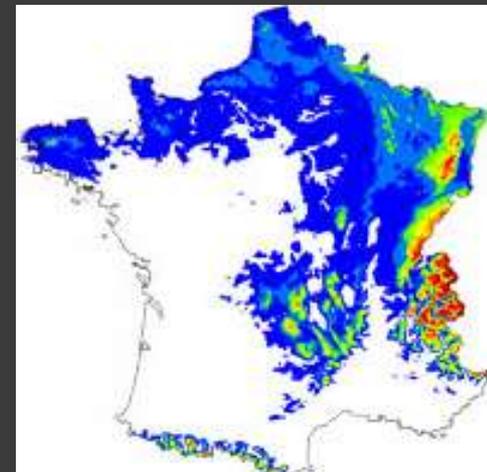
Chêne vert



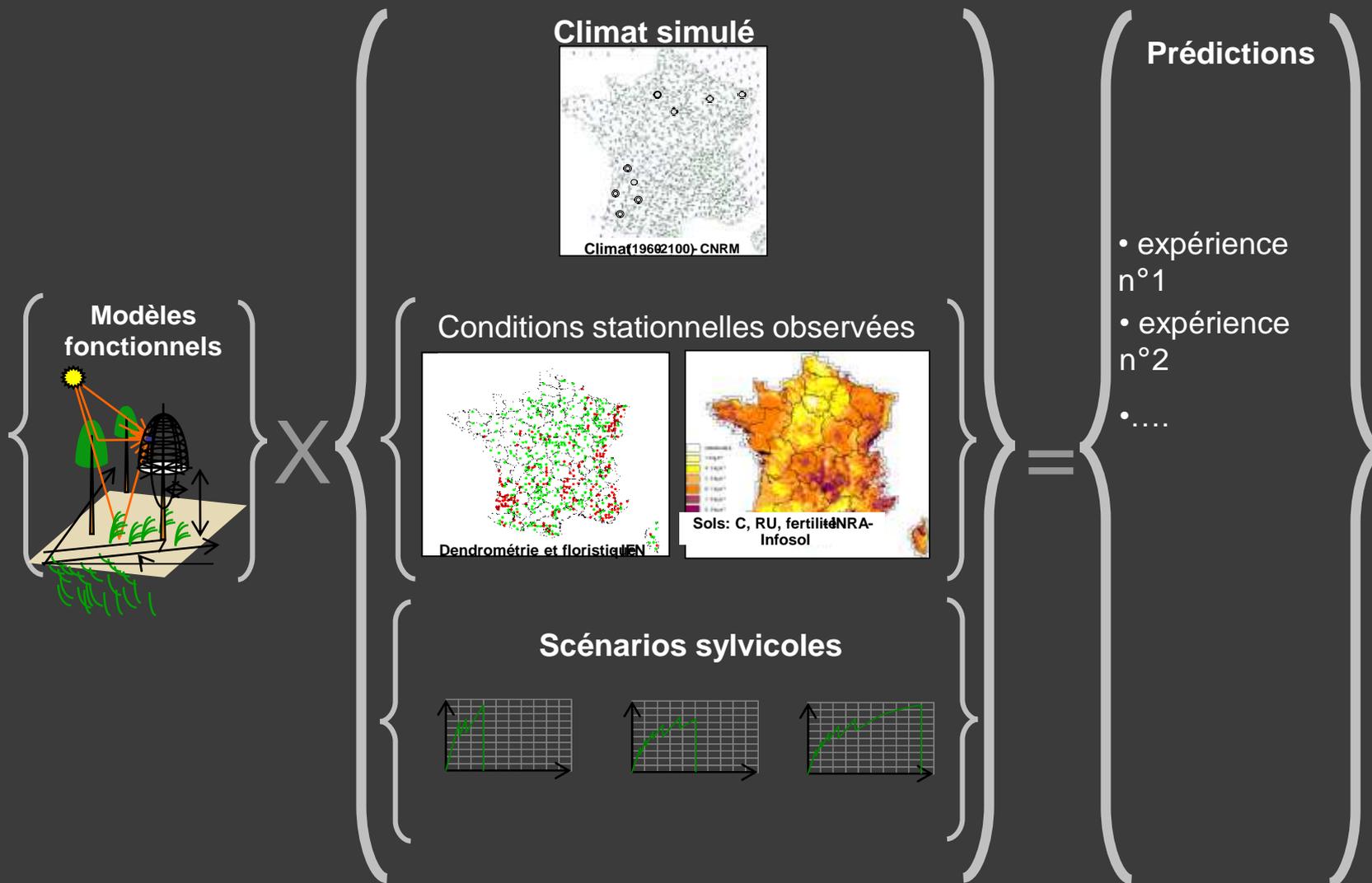
2100



Hêtre

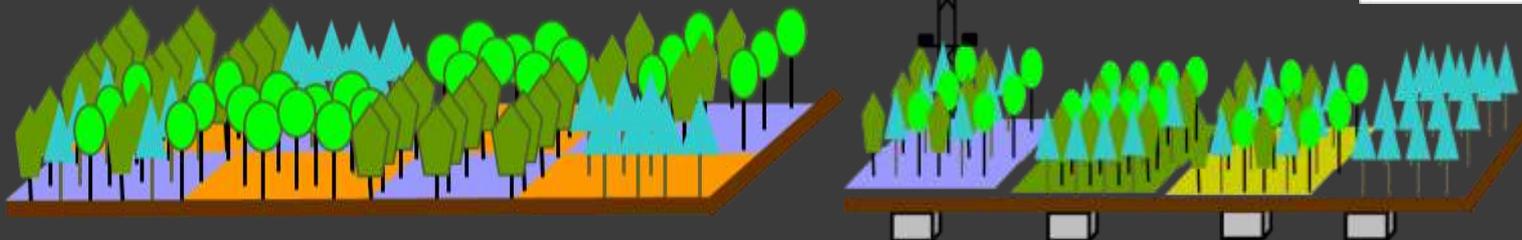


# DES SIMULATIONS POUR L'ADAPTATION DES FORÊTS....



# DES EXPÉRIMENTATIONS POUR L'ADAPTATION DES FORÊTS....

un laboratoire à ciel ouvert 50 ha, 8 itinéraires sylvicoles , 10 essences forestières , 100000 arbres, 6 km de câble et fibre réseau (Inra, Cestas- Pierroton).



# ADAPTATION DES MODES DE GESTION



*accroître la résilience des systèmes forestiers...*

- régénération
- choix des espèces
- matériel génétique
- itinéraires techniques
- aménagement forestier
- ....

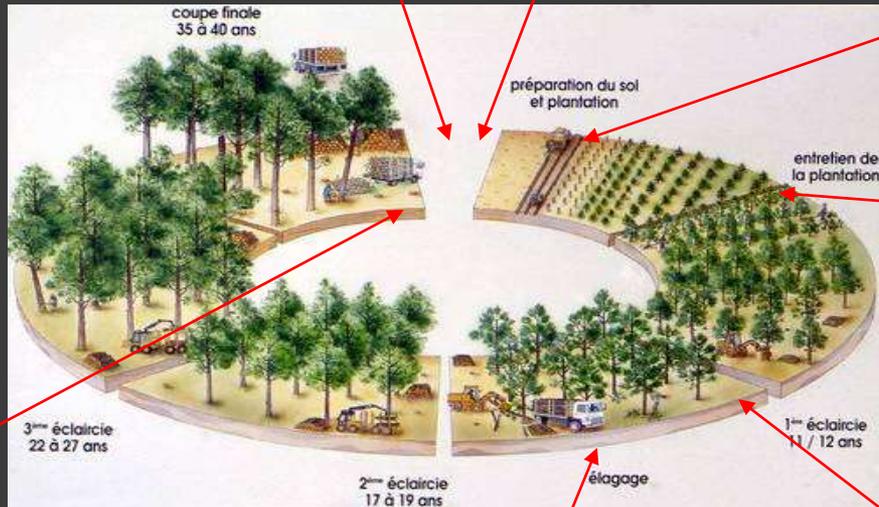


# Composition en essences

## Choix du site

adaptation des essences  
au sol et microclimat

**Plantation ou semis ?**  
l'ancrage racinaire



**Entretien du sous-bois**  
gestion des résidus  
maintien du sous-bois

## Coupe finale

taille des coupes rases  
durée de la rotation

## Eclaircies

cohésion des houppiers  
risques d'infection

## Elagage

risques de blessures

# ADAPTATION DES MODES DE GESTION

À l'échelle de la parcelle, substitution d'essence

→ Pour la biodiversité, privilégier les essences indigènes !

Chêne pédonculé, tauzin, vert, liège (*Quercus robur*, *pyrenaica*, *ilex*, *suber*)



Bouleau  
(*Betula pendula*)



Aulne  
(*Alnus glutinosus*)



# ADAPTATION DES MODES DE GESTION

À l'échelle de la parcelle, substitution d'essences

→ Pour les risques sanitaires, privilégier les essences exotiques, sans cousines européennes !

*Nothofagus* , *Eucalyptus*...



*Liquidambar styraciflua*



*Robinia pseudoacacia*



# Un contexte biologique favorable pour les arbres forestiers : la diversité génétique

Une grande diversité génétique utilisable pour la sélection ou la migration assistée.

D'importants flux de gènes: échange de gènes (en régénération naturelle) permettant une adaptation rapide



# Un contexte biologique favorable pour le pin maritime: la diversité génétique

Aire de répartition du pin maritime et diversité biogéographique

700 à 1400 mm

1500 mm  
s. sèche 1,5

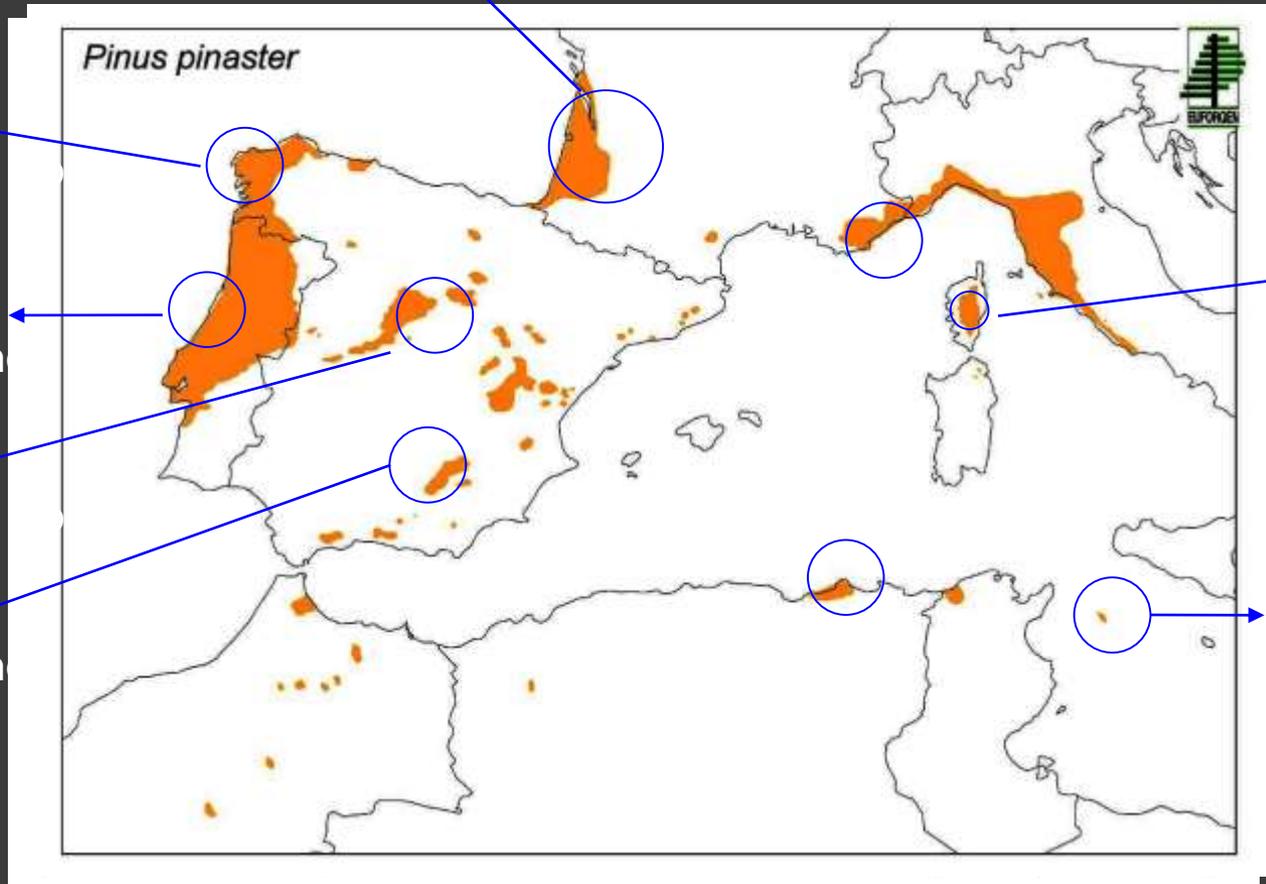
950 mm  
s. sèche 3 m

430 mm  
s. sèche 3,5

400 mm  
s. sèche 5 m

700 mm/an  
s. sèche 3,5 mois

350 mm  
s. sèche 6 mois



# ADAPTATION DES MODES D'AMÉNAGEMENT

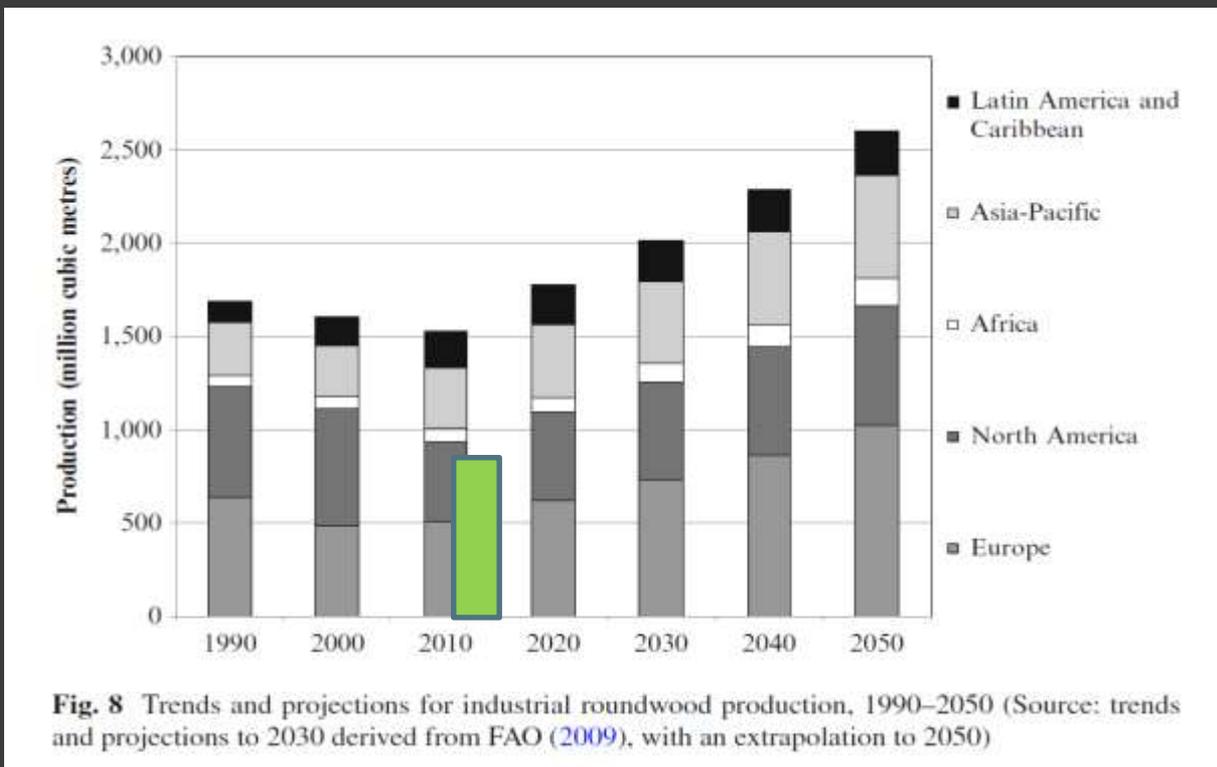
À l'échelle des paysages, accroître l'hétérogénéité et la diversité, limiter la fragmentation, et optimiser les services



# RÔLE DANS L'ATTÉNUATION DU CC

## coupler adaptation et atténuation du CC :

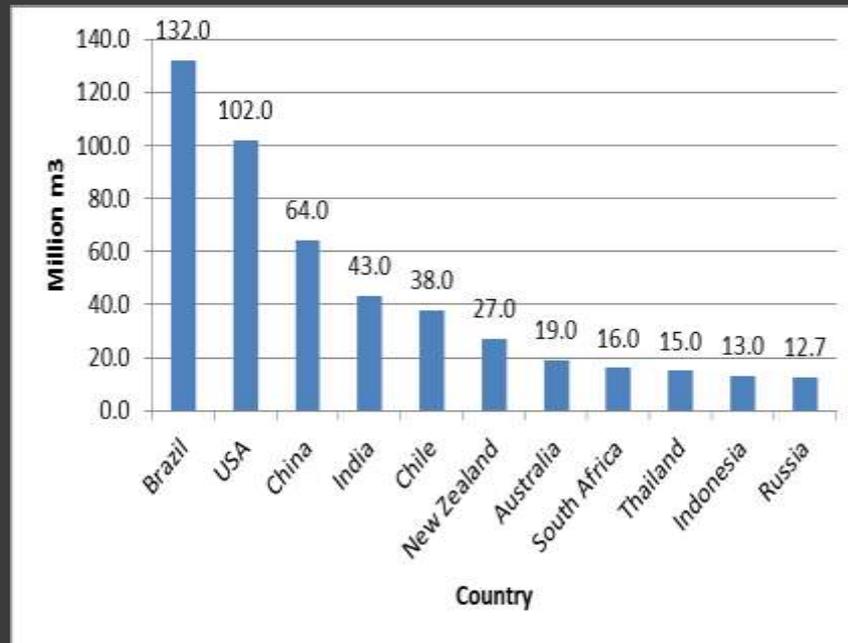
- Rôle des forêts dans les transitions écologique et énergétique
- Leviers forestiers dans les stratégies bas-carbone & bioéconomie
- Augmentation des volumes mobilisés / conflits d'usage des terres



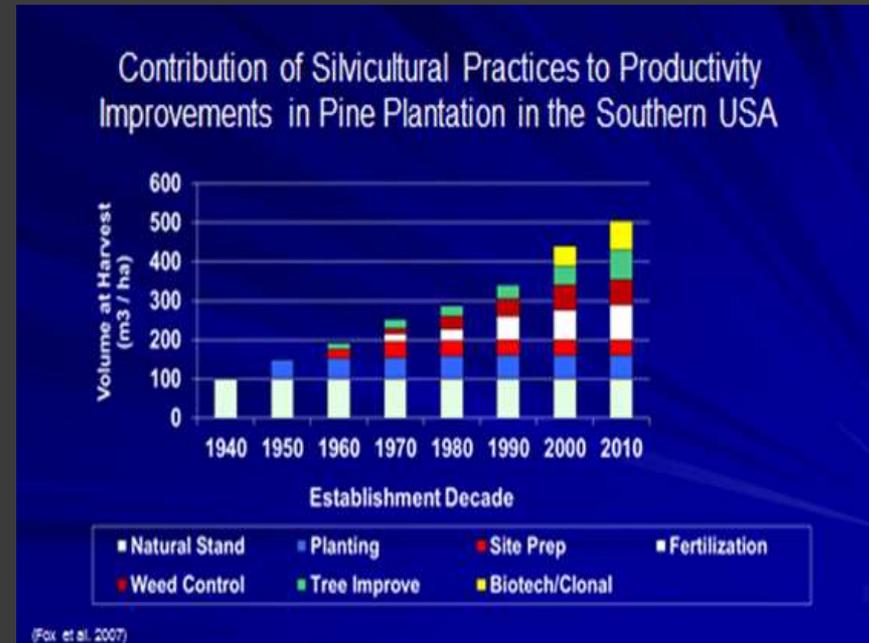
Projection de la production globale de bois industriel (1990-2050)

# RÔLE DES FORÊTS PLANTÉES

- développement probable des surfaces plantées en arbres forestiers
- part croissante dans la production globale de bois
- protection et conservation des forêts naturelles



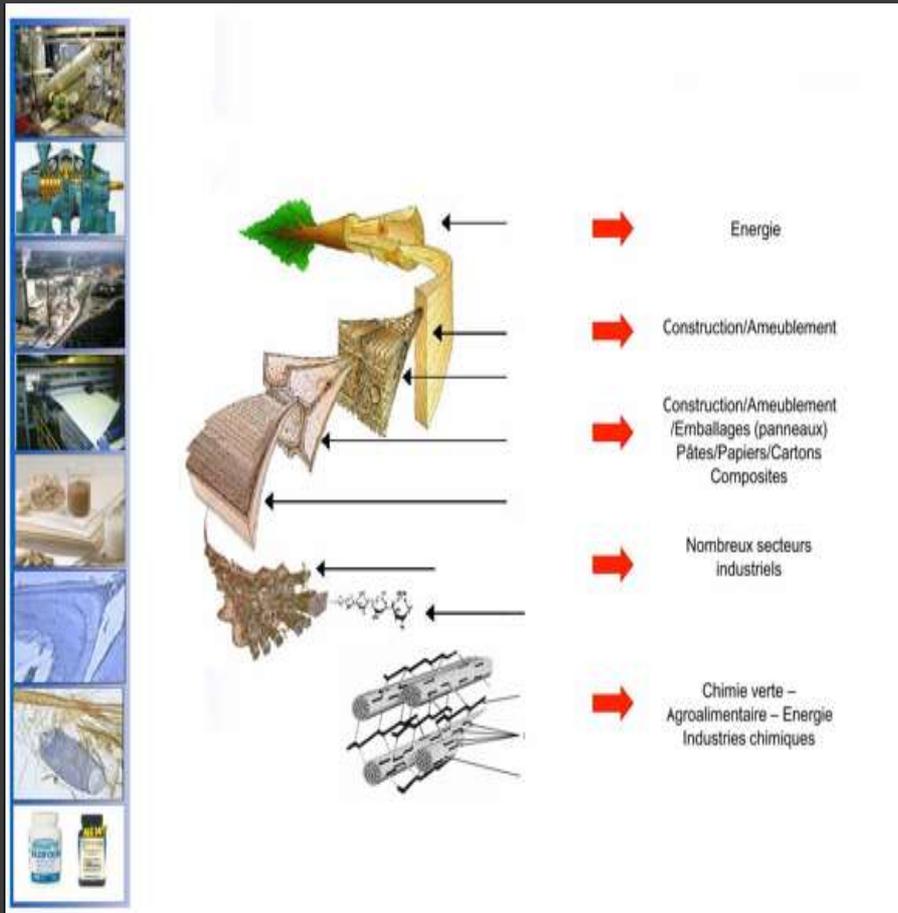
Répartition de la production des forêts plantées (2010)



(Fox et al. 2007)

Evolution de la productivité des forêts plantées (1940-2010)

# ÉVOLUTION DES FORÊTS EN EUROPE



## Concept de bio-économie:

- secteur basé sur la gestion et valorisation des bioressources (produits et services)
- complémentarités et synergies agriculture et forêt
- secteur bio-économie européen de la forêt, avec industries liées : 644 milliards d'euros (2015)
- en France, 440000 emplois directs et indirects, et 3,3 M de propriétaires forestiers...

Le bois, matériau complexe et riche en molécules, de nombreux développements de procédés en cours (source FCBA)

# VALORISATION DU BOIS

Développer la construction bois: du temple japonais datant du 8<sup>ème</sup> siècle...aux futures grandes tours en bois, projet Euratlantique, Bordeaux





Panneaux de bois, écorces, aiguilles de pin maritime pour agencement intérieur (source: innovapin)



L'avenir des forêts dépendra aussi des investissements financiers  
(source: Anne Carnus, Séoul)

# CONCLUSIONS

- des arbres et des forêts en évolution permanente en réponse aux changements environnementaux.
- les sociétés humaines ont de plus en plus contribué à ces évolutions en façonnant les forêts, et en changeant le climat
- à l'avenir, l'homme devra contribuer à la migration des arbres et à l'adaptation des forêts en réponse à des changements climatiques accélérés
- un rôle potentiellement majeur pour les forêts et le bois dans le cadre des politiques climatiques
- une gouvernance mondiale des forêts à inventer...



MERCI POUR VOTRE ATTENTION

val d'Azun (vraisemblablement tiré du basque *Aitz-un* signifiant « lieu de rochers »)...future terre d'accueil des migrants forestiers ?