SYNTHÈSE DES CONNAISSANCES SUR LES IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LA BIODIVERSITÉ EN FRANCE

SÉMINAIRE DE RESTITUTION

27 septembre 2010, Paris

Présentation de la journée

- **Résultats de l'étude**
- **Discussion**
- **Présentations-invitées : FRB et Inserm**
- **Table ronde**
  - Quel avenir pour ce type d'initiative
  - Les pistes de recherches issues de CC Bio

Ecofor : ses missions et interventions

- **Missions de base (1993) :**

susciter, structurer, mettre en œuvre, valoriser des prog. de recherche dans le domaine forestier et avant tout en France

- **Évolutions depuis dix ans : Au-delà de la forêt et de l'hexagone, à l'interface entre R, D et décision**

- **2 principaux axes d'intervention**
  - **Animation de prog. de recherche & Valorisation-information**
  - **Expertise - prospective - idées**

Ecofor : ses missions et interventions

- **Thématiques**
  - **Forêt, inter-milieux, autres milieux** : GICC, CCBio
  - **Milieux tempéré et tropical** : Écosystèmes Tropicaux
  - **CC :** GICC, ECHOES, etc., extrêmes clim. (tempêtes, sécheresses); biodiv. (Biodiv et Gestion for, Bio2, CCBio), gestion durable forêts (BIOMADI),
  - **Systèmes d'information :** CC BIO, Ca-SIF…

ECOFOR
ECOSYSTEMES FORESTIERS

www.gip-ecofor.org

Pourquoi CC Bio ?

… Le point de vue du commanditaire

- **Le CC est avéré**
- **L'érosion de biodiversité est une réalité**

→ La part du premier dans la seconde reste mal appréciée

- **Nécessité de :**
  - synthétiser l'abondante littérature
  - identifier des lacunes thématiques et géographiques (point de vue utilisateur)

Pourquoi Ecofor a-t-il fait une offre ?

- **Contexte :** beaucoup de projets en cours, quelques synthèses (Onerc,…) MAIS pas de synthèse récente
- **Fortes hésitations :** « conditions cadres » peu favorables
- **Intuition de <u>l'intérêt de l'approche</u> « Base Données X Expertise collective »**
- Et surtout la volonté de certaines personnes a fait la différence…

Présentation de l'étude

- **Objectifs : synthèse et analyse des connaissances sur les impacts du changement climatique (observés et futurs) sur la biodiversité en France**

- **Objet : la biodiversité en France métropolitaine**

- **Livrables :**
  - une BDD (littérature grise comprise)
  - une analyse bibliographique (+ pistes de recherche)

- **Publics : chercheurs, décideurs, gestionnaires (!)**

L’équipe Projet

- **Les pilotes :**
  - **Natacha Massu**, chef du projet
  - **Guy Landmann**, Directeur-adjoint, appui scientifique
- **Wilfried Heintz : géomaticien**
- **Magali Pradeau : documentaliste**
- **Les experts**

Les experts

Ecosystèmes aquatiques

- **Daniel Gerdeaux**, INRA Thonon
- **Didier Pont**, Cemagref

Ecosystèmes terrestres

- **Paul Leadley,** UMR ESE, UPS
- **Nathalie Frascaria-Lacoste**, UMR ESE à l'UPS
- **Frédéric Jiguet**, MNHN
- **Sandra Lavorel,** CNRS Grenoble
- **Bernard Seguin**, Inra Avignon

Ecosystèmes marins

- **Philippe Gros,** IFREMER

Transversal : génétique – adaptation

- **Serge Morand,** CNRS

En lien avec la FRB

Comment a-t-on travaillé ?

- **L'équipe projet en lien étroits avec les experts – rédacteurs.**

→ Peu d'échanges avec les utilisateurs mais fonction de la durée l'étude…

DONC quelques pistes d'amélioration :

- La littérature grise
- Échanges avec un public plus diversifié pour enrichir le travail
- Même si des relecteurs et auteurs supplémentaires prévus !

LA BASE DE DONNÉES EN LIGNE

Présentation de la BDD

La base CC Bio répond au Cahier des Charges du MEEDDM :

- **Base en ligne consultable par tous**
- **Logiciel libre et gratuit**
- **Interfaces conviviales**
- **Compatible :** choix des champs génériques mais aussi spécifiques

Le fonctionnement

- **La recherche simple :**
  - Par grands milieux
  - Par mots-clés (dans plusieurs champs)
  - Autocomplétion

- **La recherche avancée classique**
  - Les + : zones biogéographique, régions, thématiques
  - Autocomplétion des auteurs
  - L'affichage des résultats

- **Difficulté de s'adresser à 2 publics : acteurs de terrain / chercheurs**
  - avec des besoins d'informations différents !
  - qu'on a essayé de satisfaire spécifiquement (**recherche géographique** vs **thématique**)

Le fonctionnement (2)

- **L'affichage des résultats**
  - Liste des références
  - Tri possible : date, auteurs
- **Export possible** (endnote, .txt)
- **Pour + de détails, un simple clic !**
  - Titre français/ anglais
  - Résumé
  - Article en pdf (en accès libre si droits !)

Contenu

- **Résultats : 969 références** (de qualité, validées par les experts)

- **Milieux**
  - Marin : 10 %
  - Terrestre : 61 %
  - Aquatique : 11 %

- **Plus spécifiquement :**
  - France : 13 %
  - Pays limitrophes : 37 %
  - Europe, Monde (pertinent pour la France) : 50 %

Contenu (2)

- **Thématiques :**
  - Distribution d'espèces; abondance spécifique et extinction
  - Monitoring, suivi de la biodiversité
  - Modèles, modélisations

- **Littérature grise : 5 %**

→ Besoin de compléments

Quelques conclusions

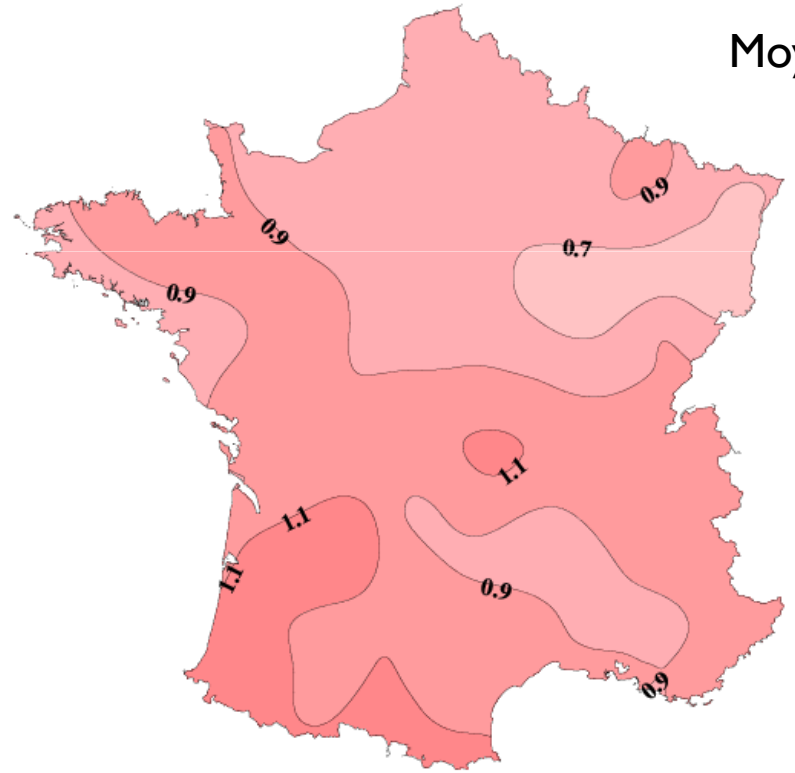
- **Travail en cours qui va être poursuivi**
- **Merci aux partenaires !**
- **A venir :**
  - Une recherche cartographique
  - Amélioration de l'interface de gestion
  - Thésaurus biodiversité

LES RÉSULTATS DE L'ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE

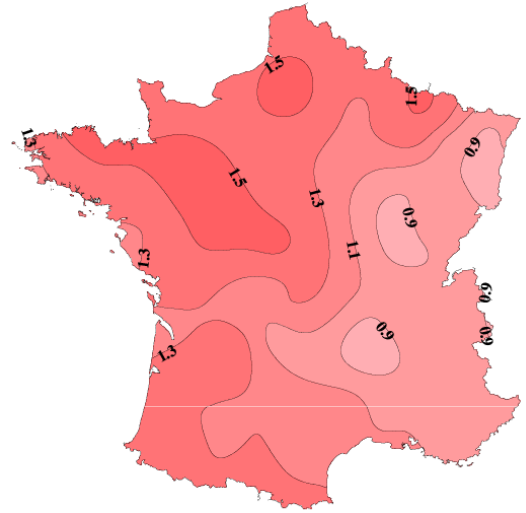
Point sur le climat passé actuel et futur

En moyenne : +1°C depuis 1900

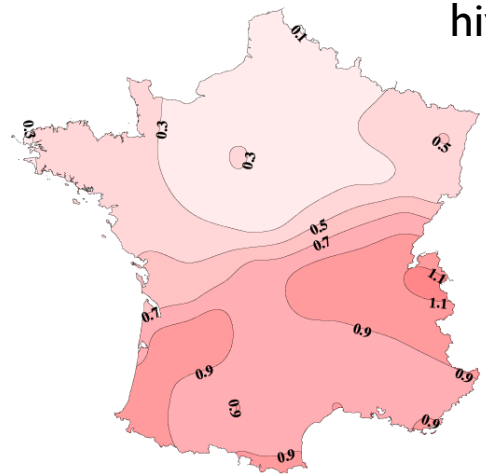
Moyenne



été



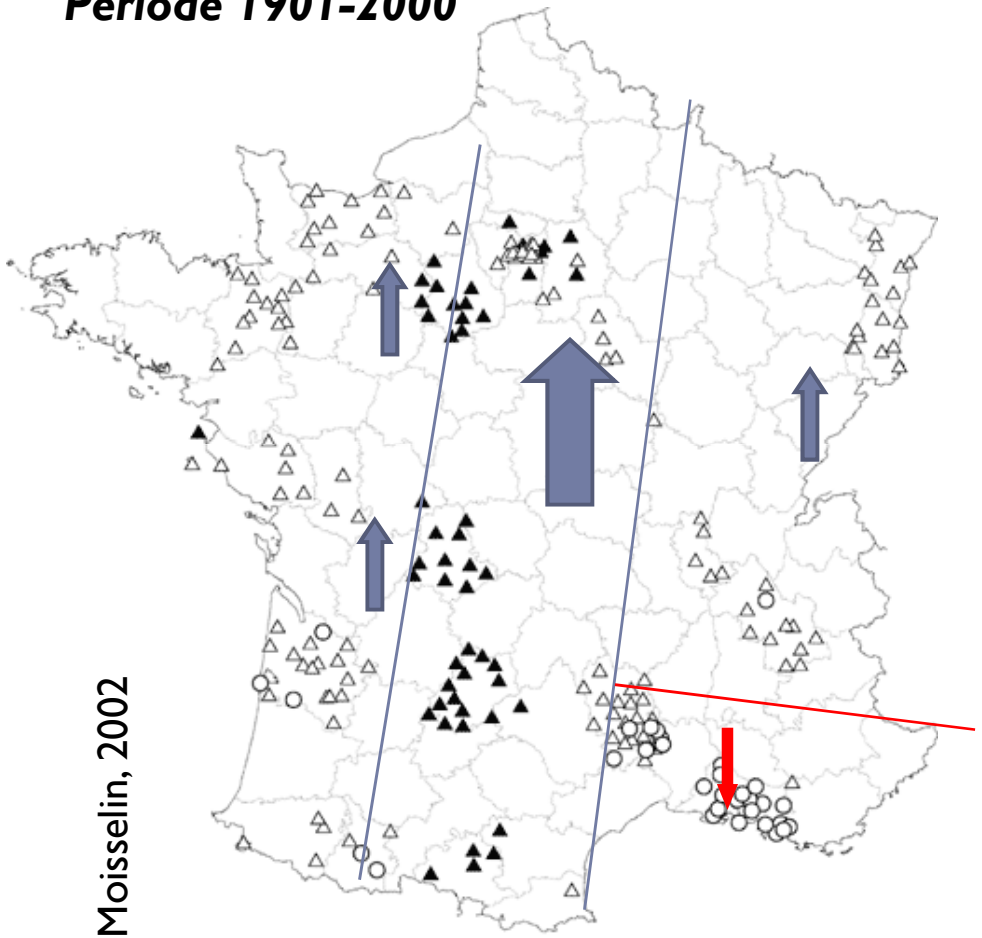
hiver



Augmentation observée, en °C, de la température entre 1901 et 2000

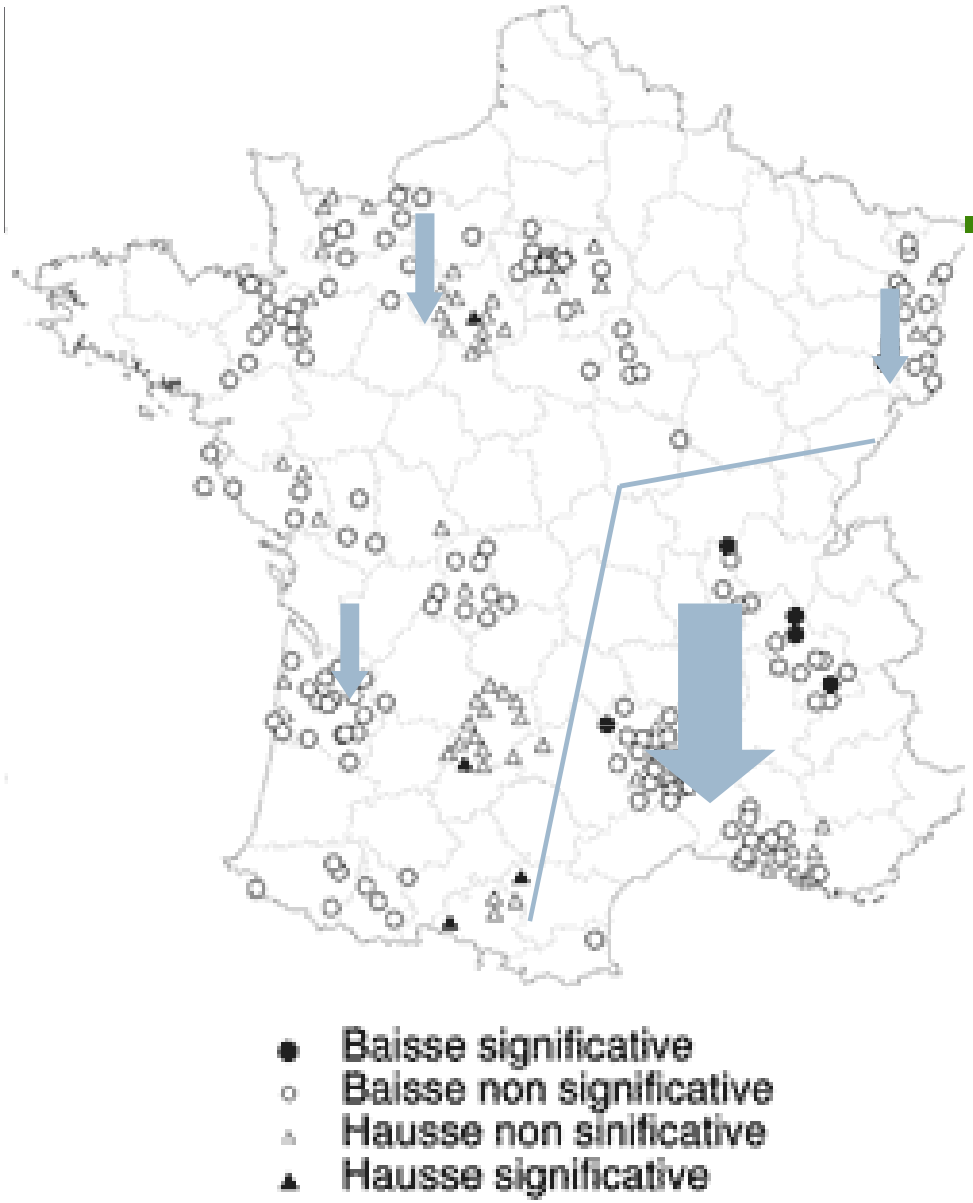
Les précipitations

Période 1901-2000



Source : Moisselin, 2002

En général, plutôt une augmentation ! Avec une baisse (non significative) au Sud



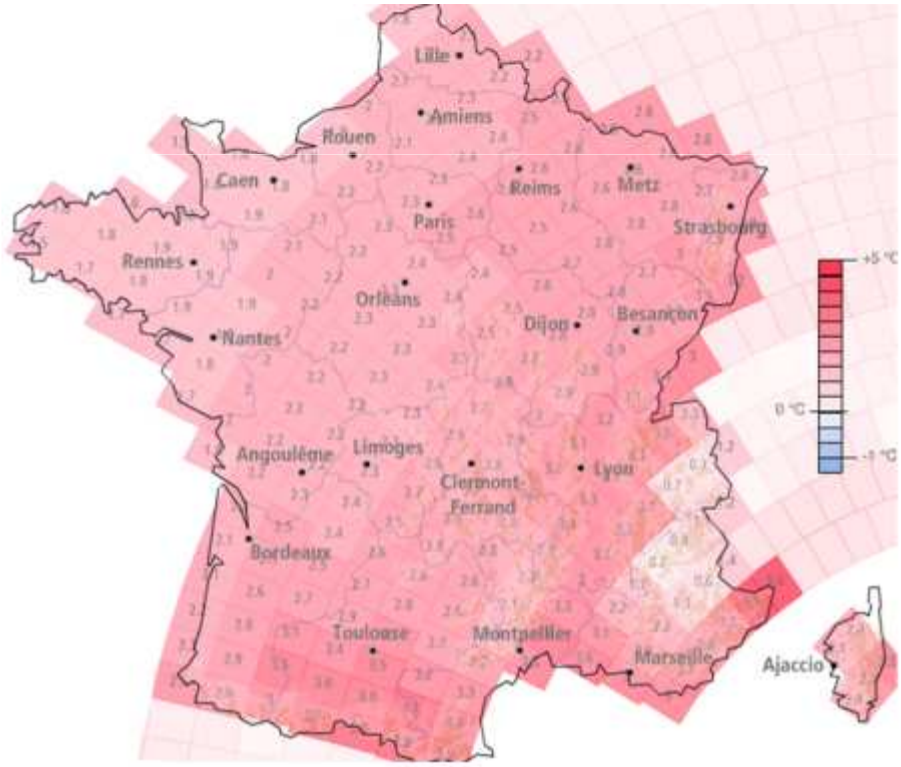
En été, il y a plus de sécheresses…
Avec des variations significatives dans le Sud

Source : Moisselin, 2002

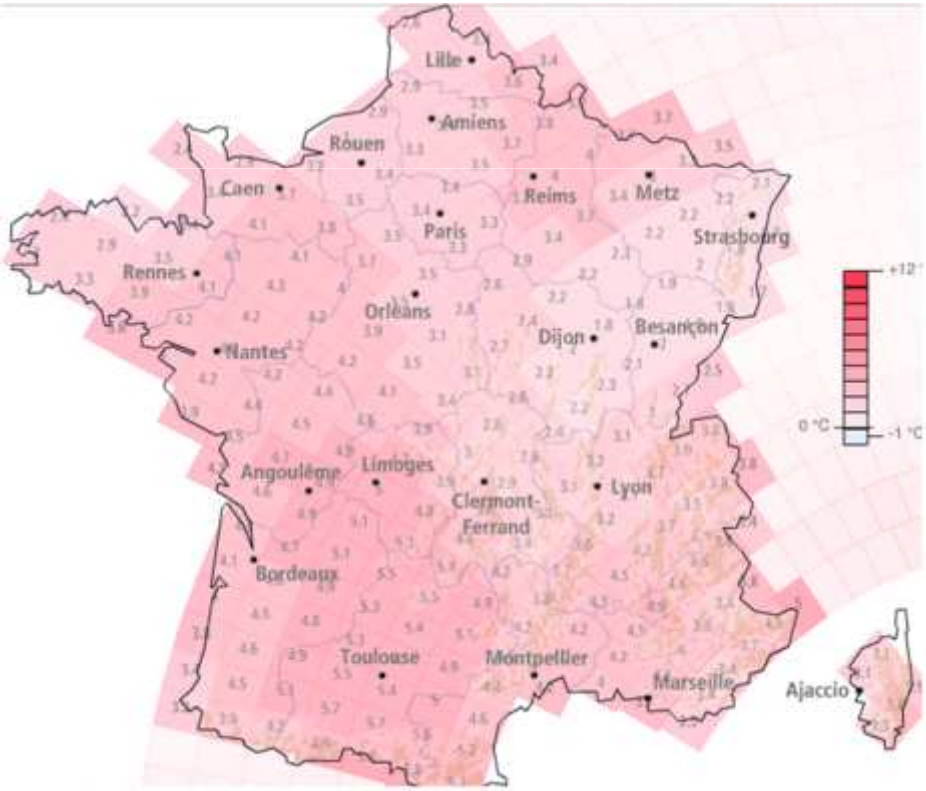
Impacts attendus : les températures

Évolution (en °C / 2000) des températures moyennes en 2050 (scénario A2) : **+ 4°C en moyenne**

Hiver



Eté

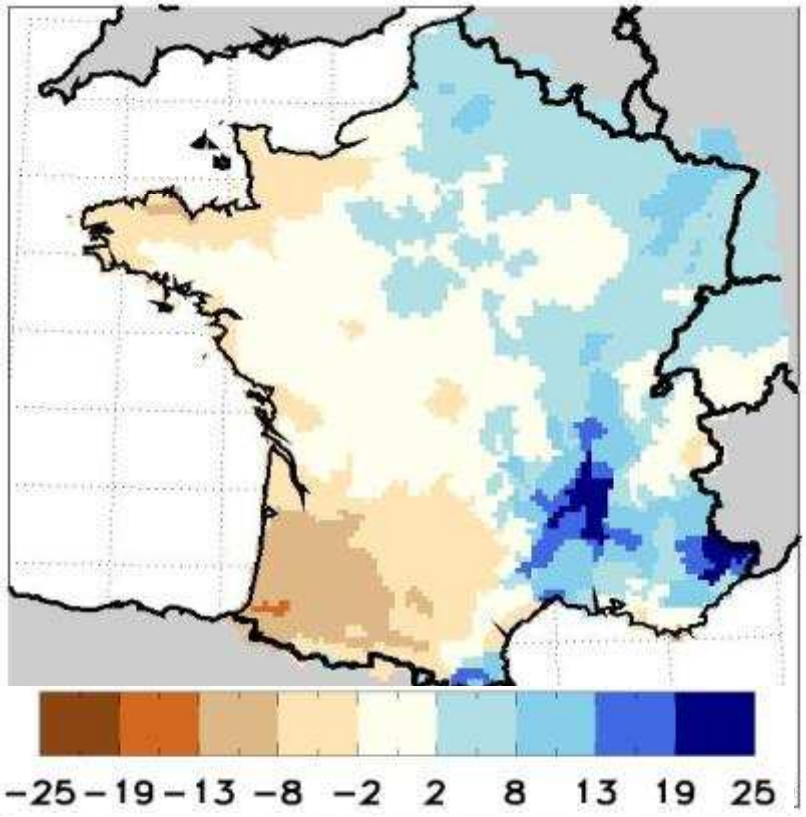


Source : Météo France

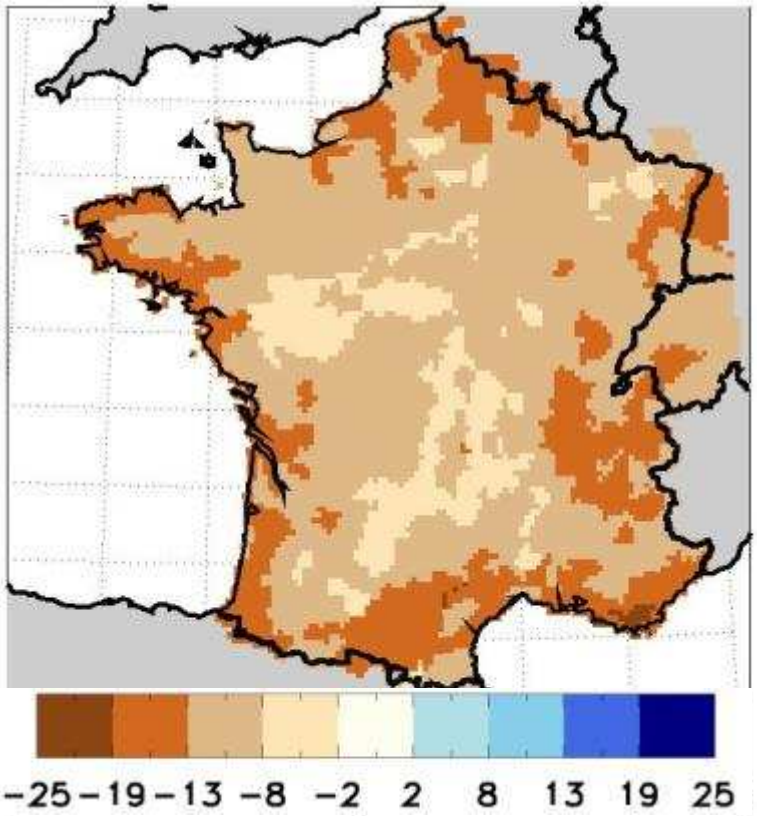
Les précipitations

- **Évolution (en % / 2000) des précipitations moyennes en 2050** (scénario A2)

Hiver



Été - Automne



Source : J. Boé 2007

Les résultats de l'expertise

- **3 grandes parties : marin, terrestre, aquatique**
- **Zones géographiques**
  - impacts constatés / futurs
    - Niveau espèces / communautés (phénologie…)
    - Niveau génétique
    - Niveau écosystémique (cycles biogéo, fonctionnement…)
- **Discussion sur les pistes de recherches**
- **En plus dans le document : questions transversales**

Paul Leadley

LES MILIEUX TERRESTRES

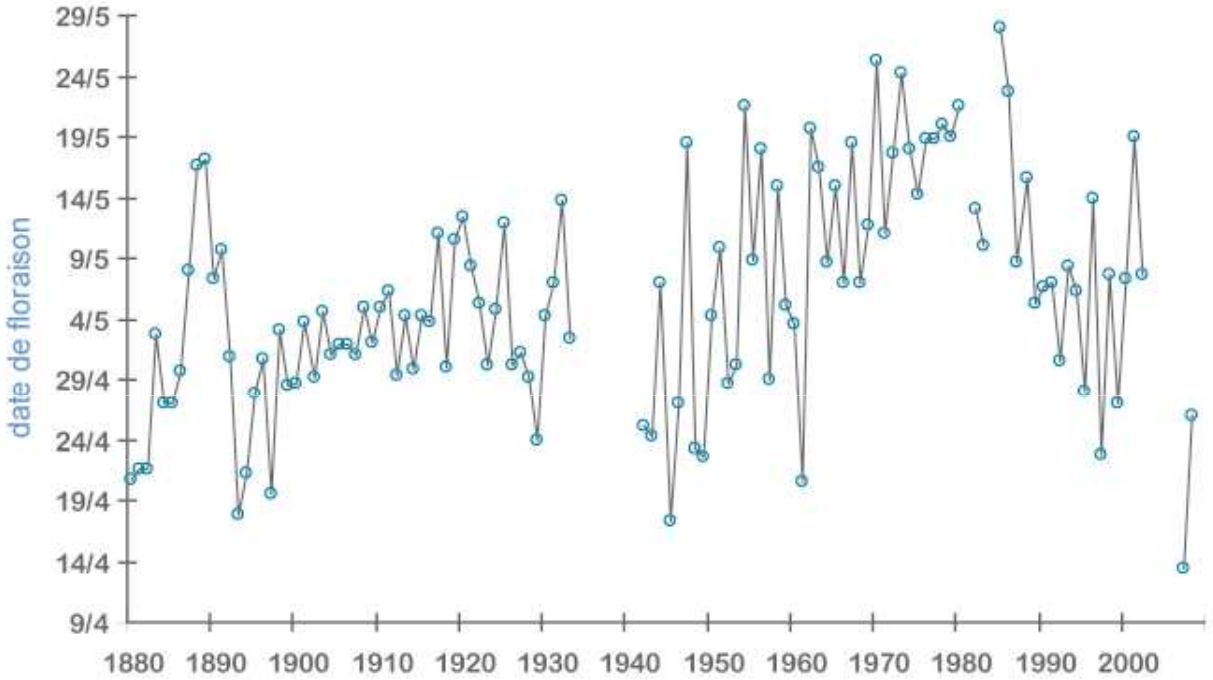
Ecosystèmes terrestres, bilan des impacts constatés

Au niveau	Changements sur	Importance des changements	Attribuable au changement climatique ?
FORETS … génétique		(+)	En partie
… spécifique	• Aires de répartition • Phénologie • Ecophysiologie	+ ++ ++	En partie Oui En partie
… des communautés et écosystèmes	• Abond. / compo. • Relations interspécifiques • Productivité	+ ++ +++	En partie En partie En partie
PRAIRIES / LANDES … génétique		?	?
… spécifique	• Aires de répartition • Phénologie • Ecophysiologie	? + ++	? Oui En partie
… des communautés et écosystèmes	• Abond. / compo. • Relations interspécifiques • Productivité	+ + ?	En partie? En partie?

Impacts Constatés : Forêts
Phénologie

Les impacts clairement attribuables au climat

Syringa vulgaris L



Chuine - ODS - *com. pers.*

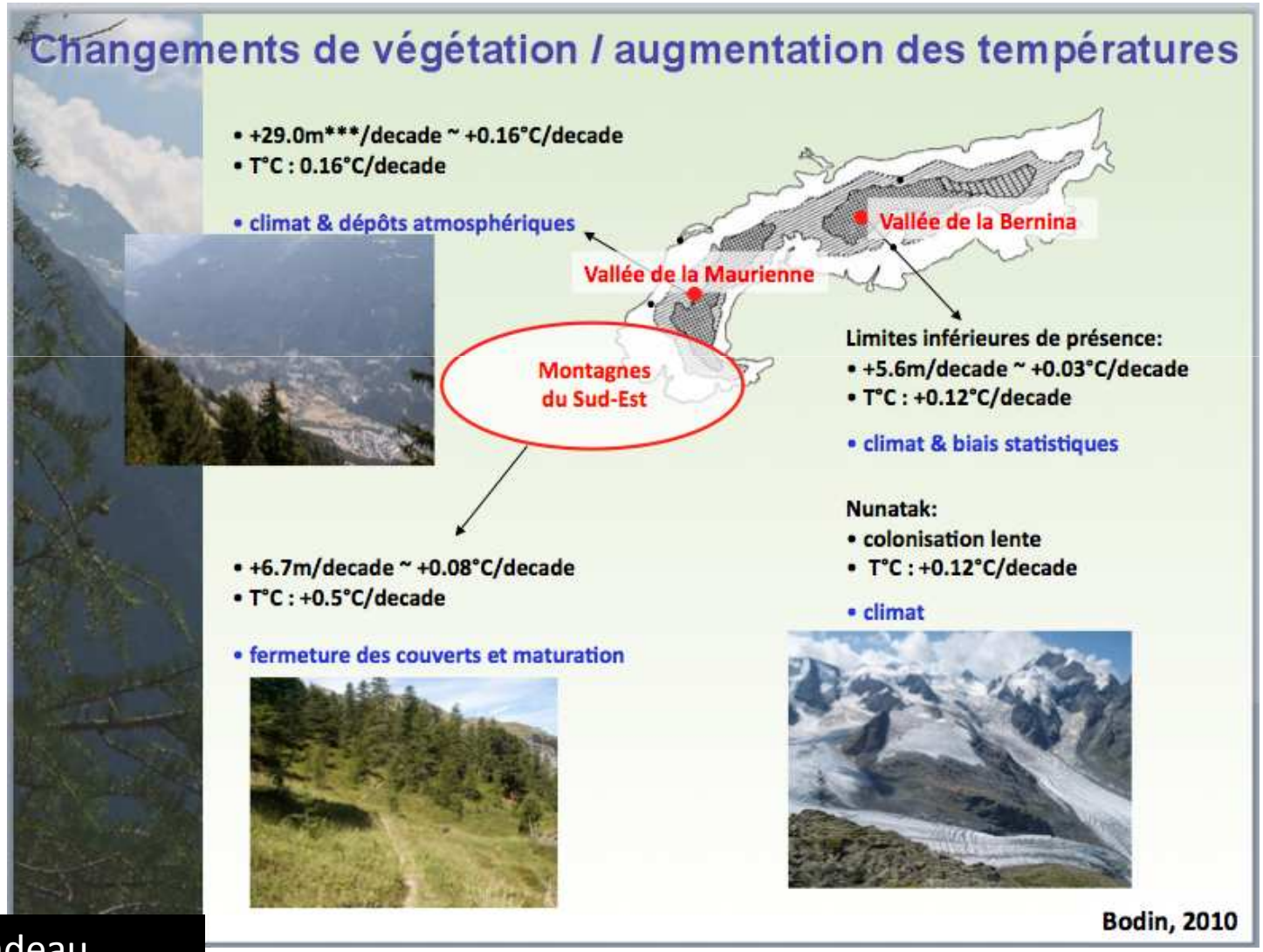
En Europe, la saison de végétation s'est allongée de 10 à 15 jours depuis les années 60

Menzel & Fabian, 1999
International Phenological Gardens

Slide from V. Badeau

Impacts Constatés : Forêts : Aires de Répartition des Espèces

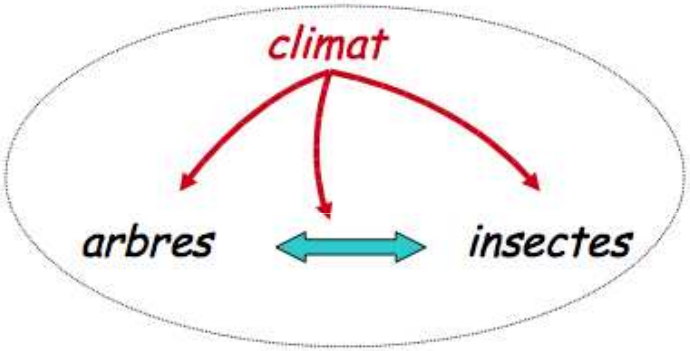
Un début de migration vers le nord et les cîmes : mais des difficultés d'attribution

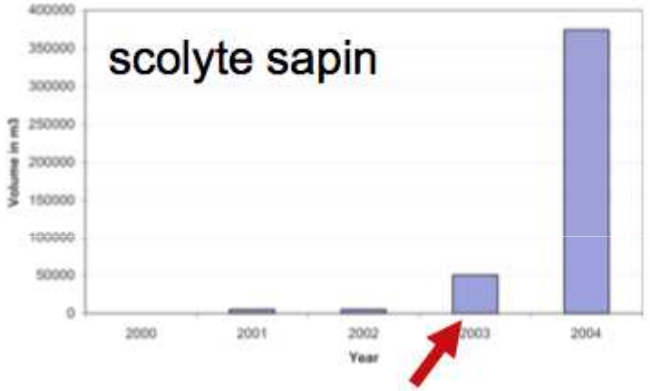


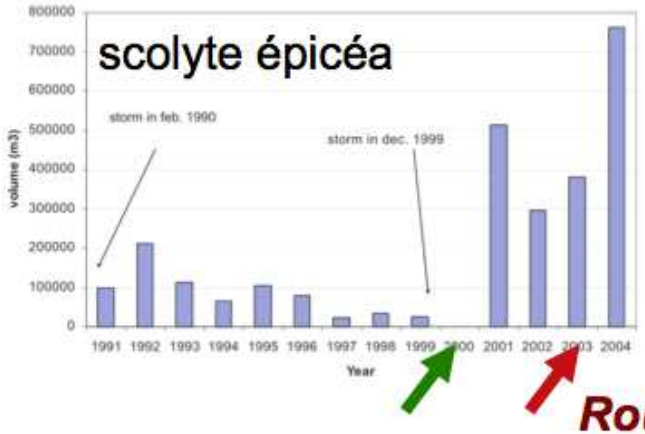
Source : V. Badeau

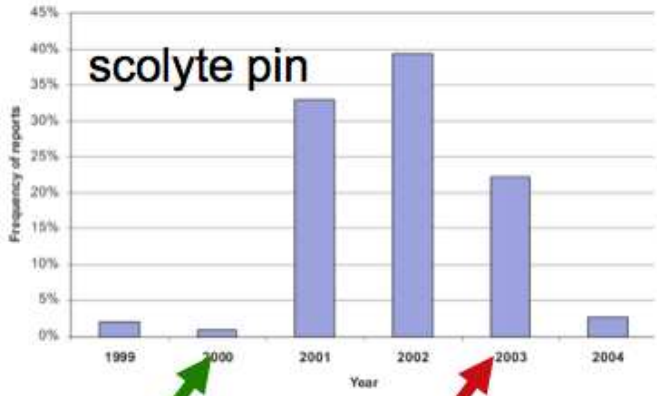
Le changement : de multiples incertitudes

Incertitudes sur la réponse de systèmes complexes





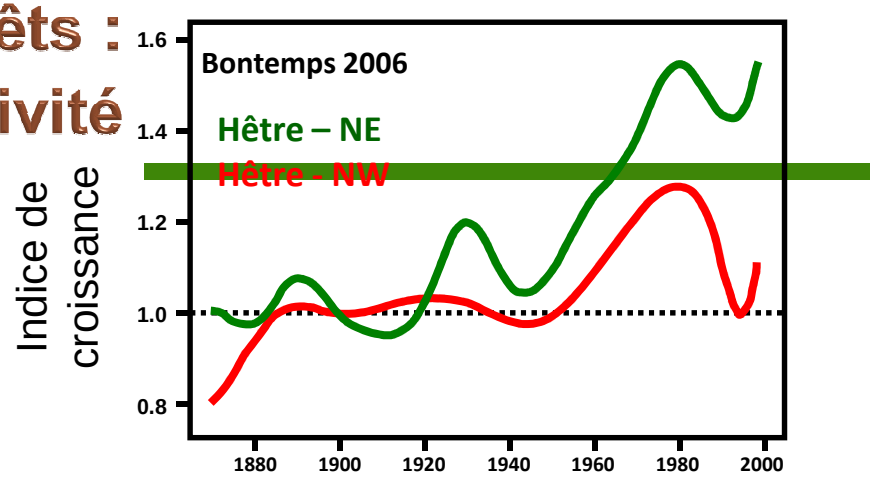


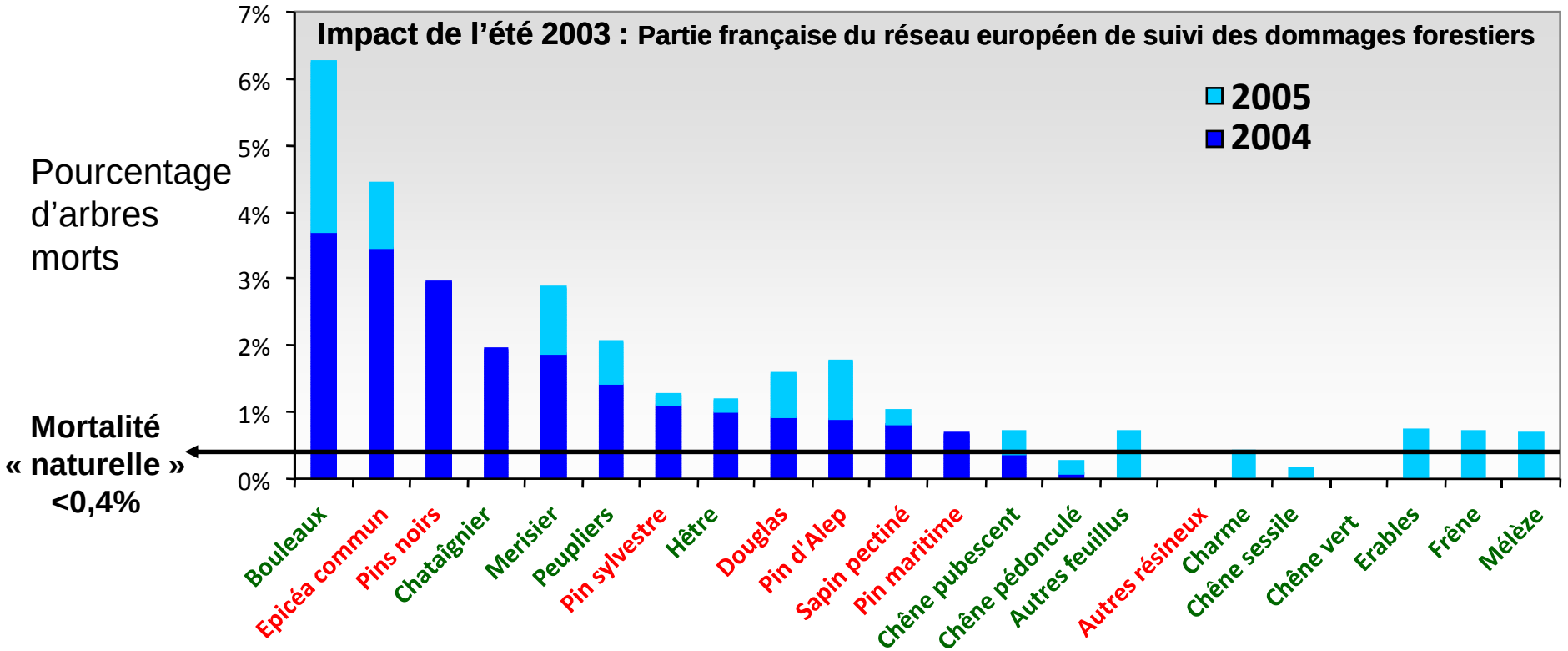


Rouault et al, 2006

Impacts Constatés : Forêts : Productivité

Une augmentation de la productivité dûe aux interactions entre plusieurs facteurs, mais aussi des signes inquiétants de dépérissement





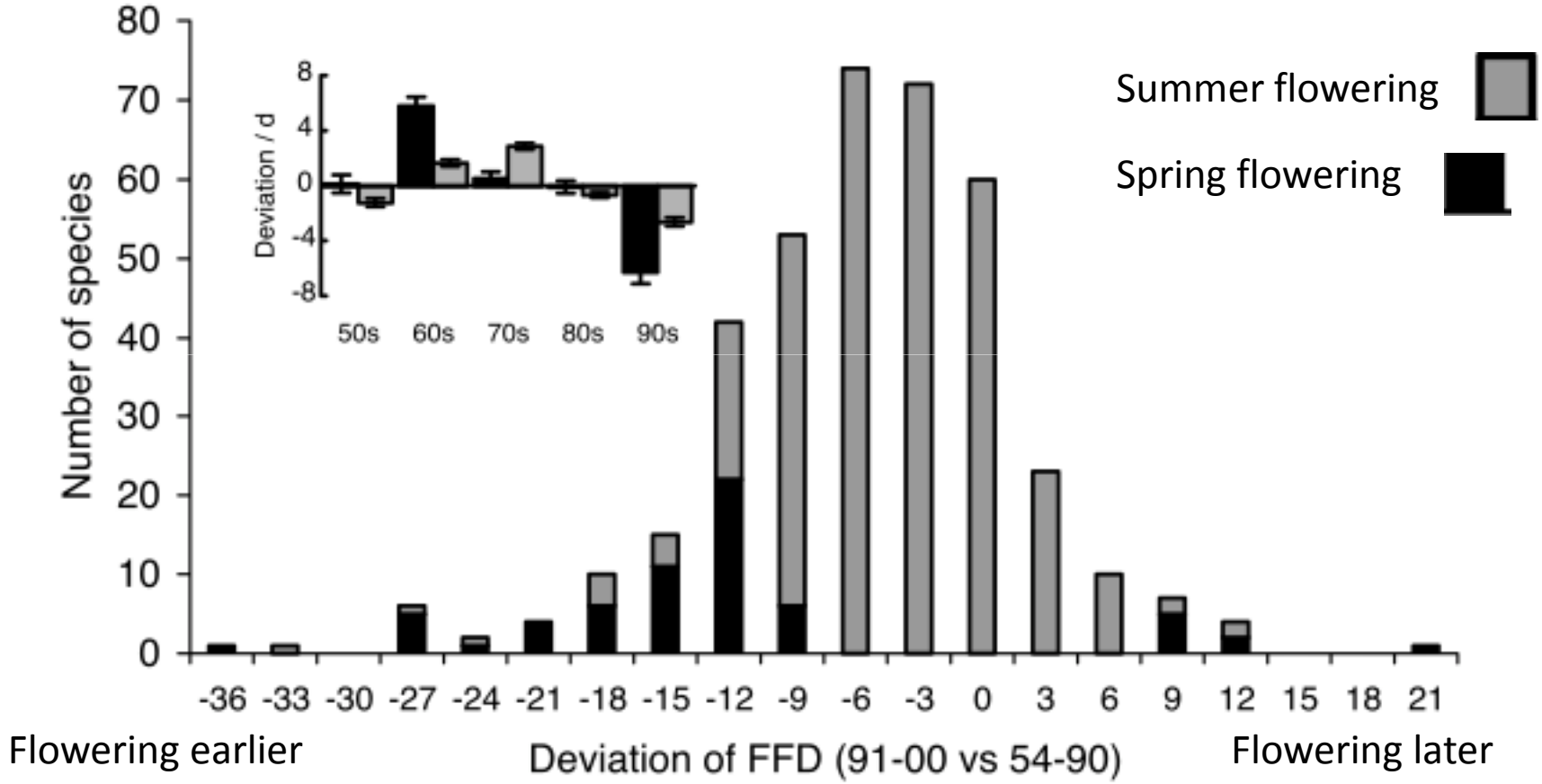
Source : V. Badeau

Département Santé des Forêts , DSF, Ministère agriculture

Impacts Constatés
Prairies et Landes

Un manque de données en France

385 British grassland species



Rapid Changes in Flowering Time in British Plants
A. H. Fitter, *et al.*
Science **296**, 1689 (2002);
DOI: 10.1126/science.1071617

Ecosystèmes terrestres, bilan des impacts constatés

Au niveau	Impacts sur	A court terme	A long terme
FORETS … génétique		↗	↗↗
… spécifique	• Aires de répartition • Phénologie • Ecophysiologie	↗ ↗ ↗	↗↗ ↗↗↗ ↗↗
… des communautés et écosystèmes	• Abond. / compo. • Relations interspécifiques • Productivité	↗ ↗ ↗	↗↗↗ ↗↗↗ ↗ ou ↘ ou →
PRAIRIES / LANDES … génétique		↗	↗↗↗
… spécifique	• Aires de répartition • Phénologie • Ecophysiologie	↗ ↗ ↗	↗↗ ↗↗↗ ↗↗
… des communautés et écosystèmes	• Abond. / compo. • Relations interspécifiques • Productivité	↗ ↗ ↗	↗↗ ↗↗ ↗ ou ↘ ou →

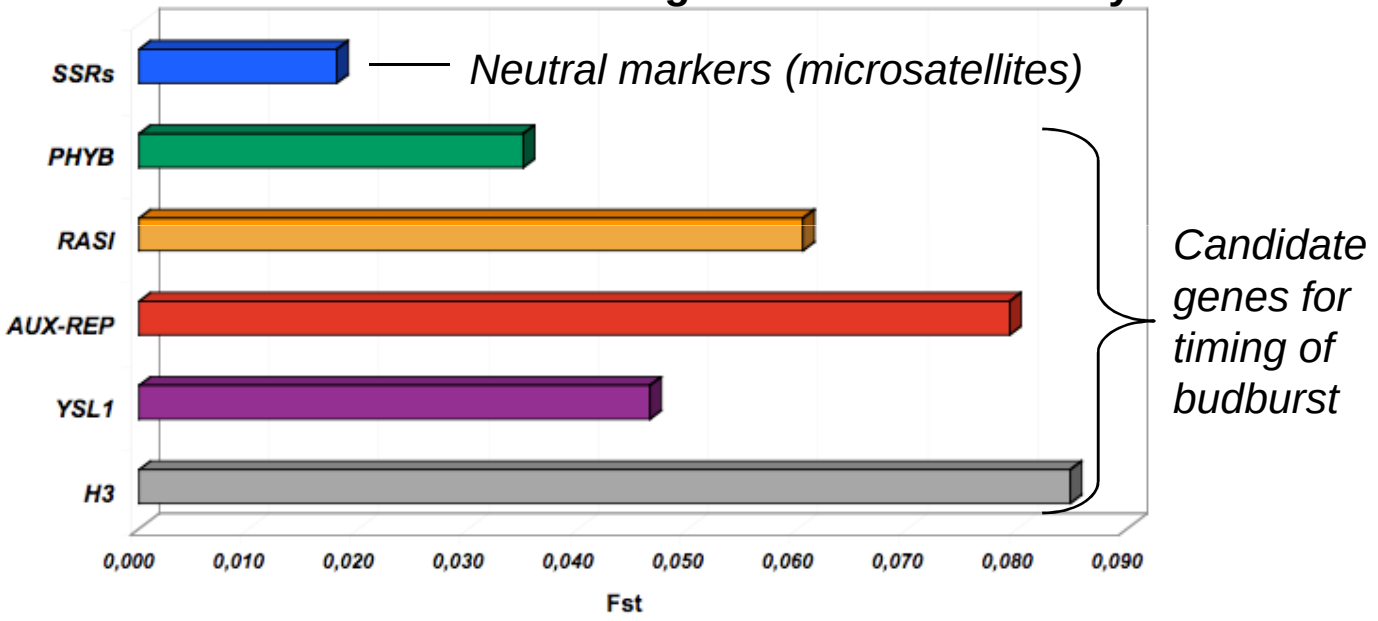
Impacts Attendus : Forêts
Réponses Génétiques

Les expériences indiquent un rôle important, mais nous manquons de modèles pour prévoir

Microévolution de la phénologie de débourrement et des gènes candidats dans les populations de chênes - *Antoine Kremer (INRA Bordeaux)*

These five candidate genes may help explain genetic differentiation in timing of budburst along an altitudinal gradient

Genetic differentiation in genes in the Luz Valley

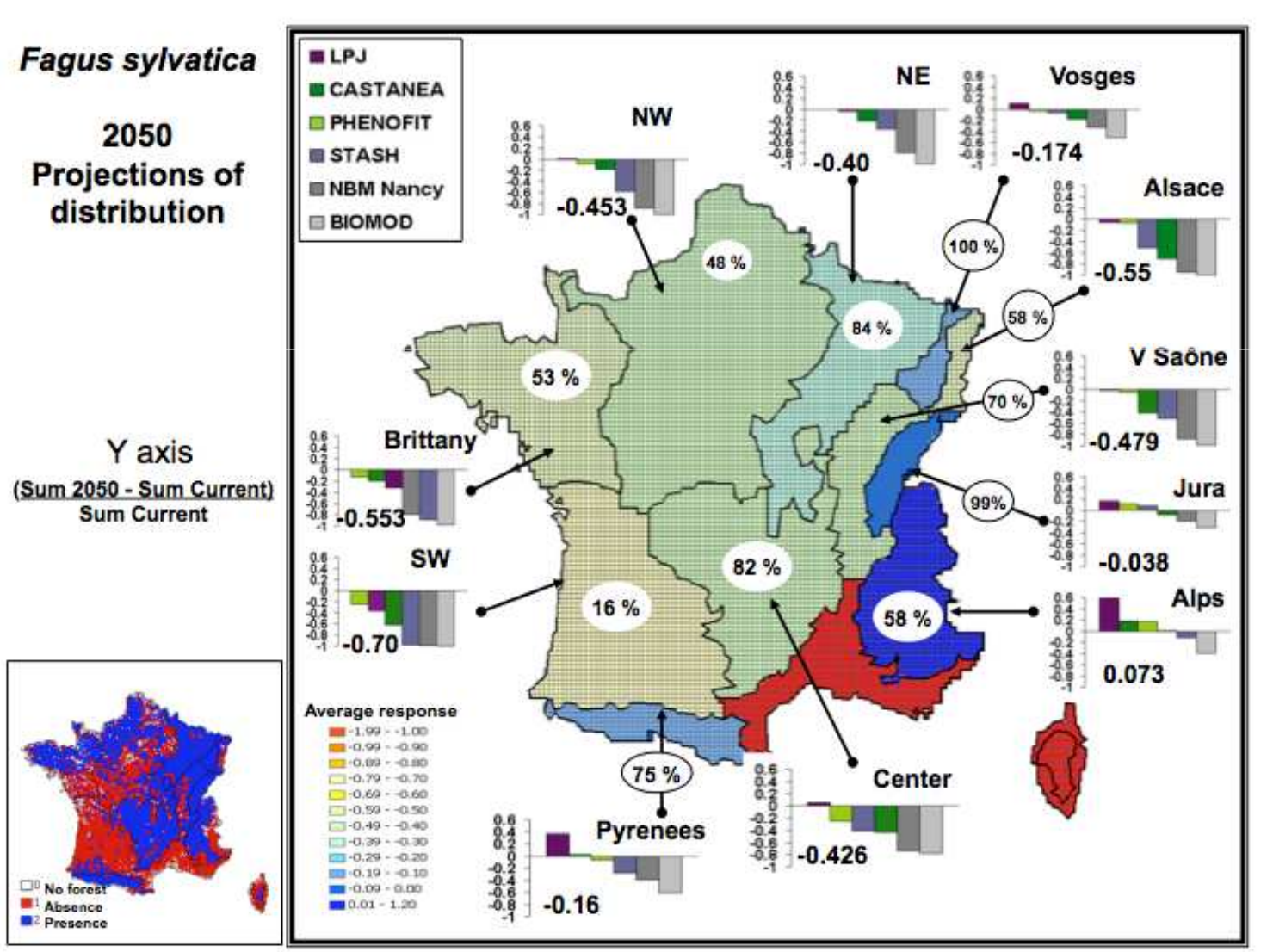


<u>*Low Fst*</u> = the majority of variation is found *within populations*

<u>*High Fst*</u> = individuals within a population are relatively similar but *populations* are significantly different

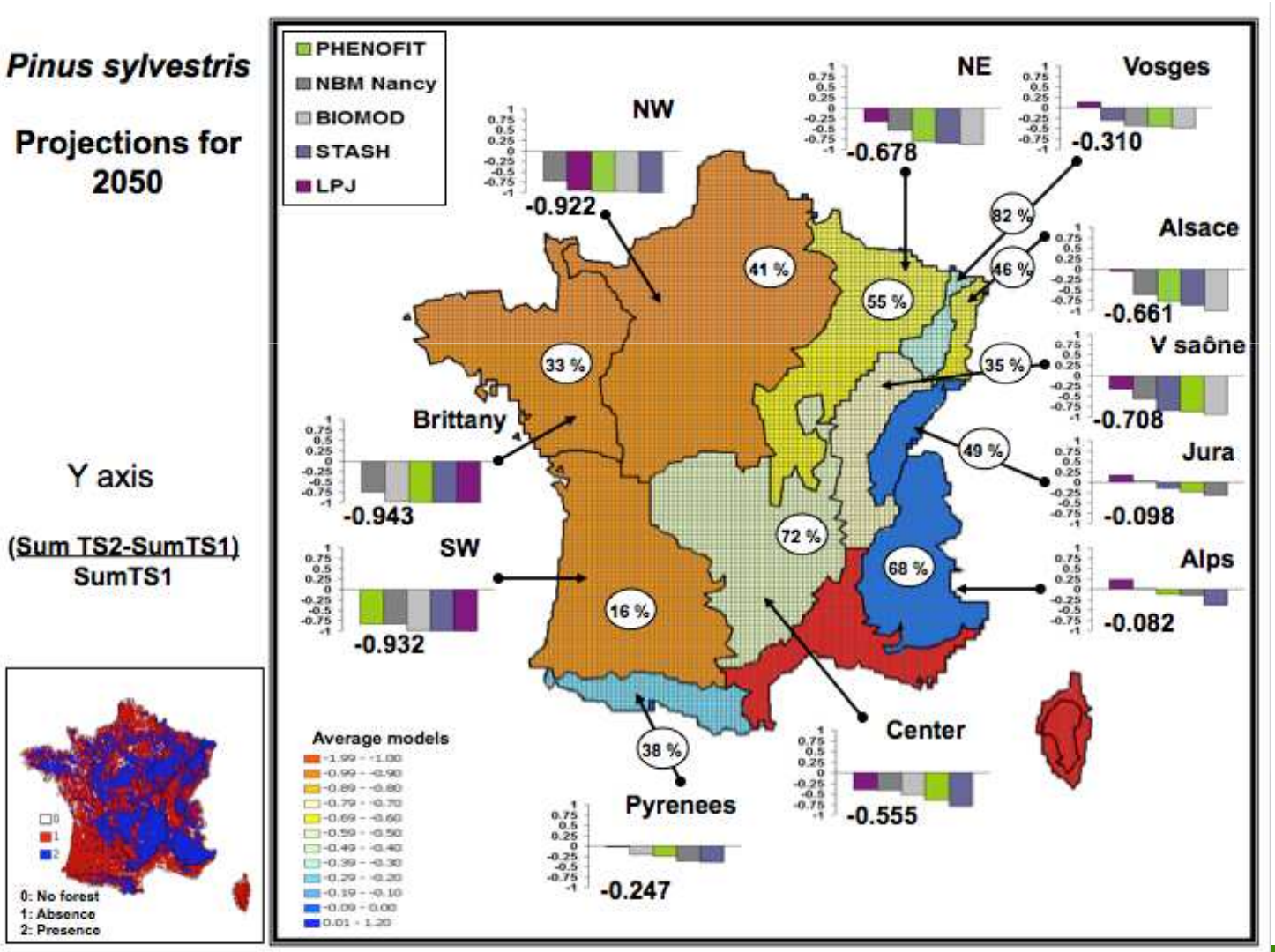
Impacts Attendus : Forêts
Aires de Répartition des Espèces

Les modèles indiquent des modifications importantes, mais avec de grandes incertitudes



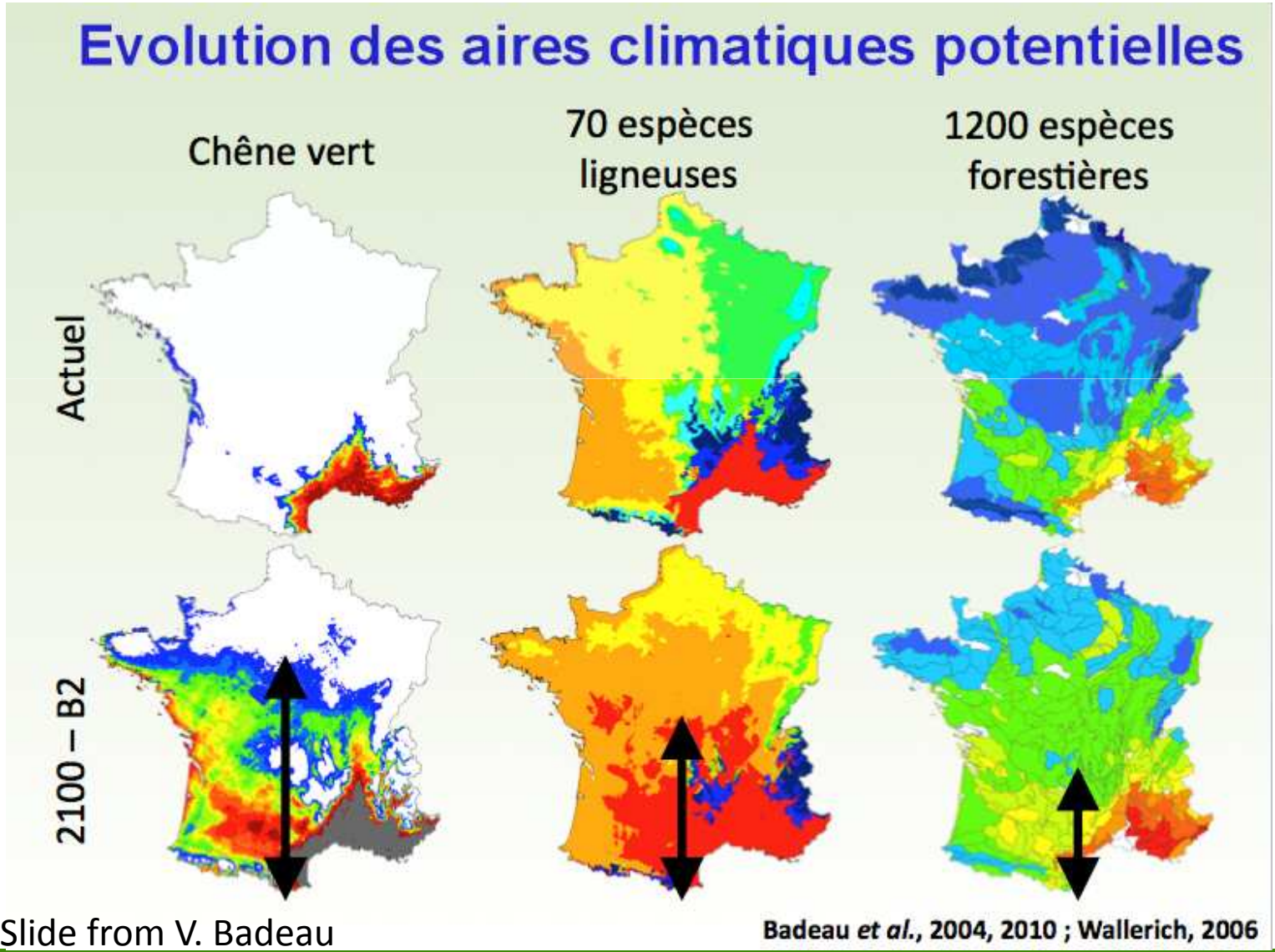
Impacts Attendus : Forêts
Aires de Répartition des Espèces

Les modèles indiquent des modifications importantes, mais avec de grandes incertitudes



Impacts Attendus : Forêts Structure des Communautés

Des communautés nouvelles dans le futur



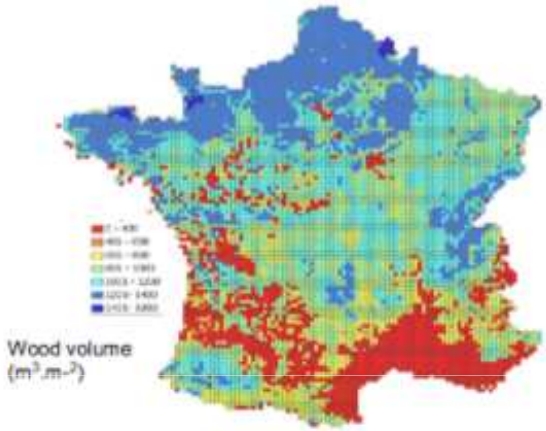
Slide from V. Badeau

Impacts Attendus : Forêts

Productivité

Un avenir incertain!

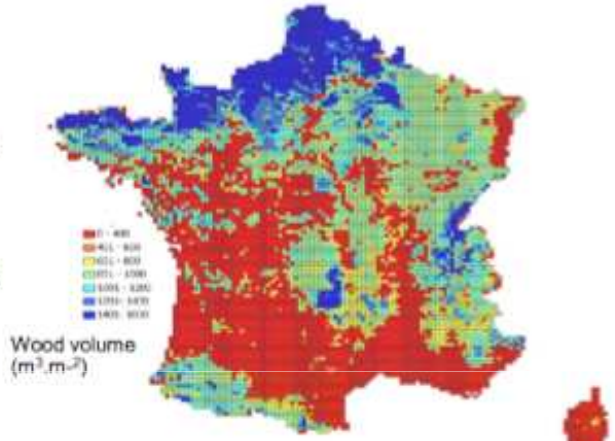
Castanea projections to 2050 and to 2090 for Fagus sylvatica



(a) Present day simulation

Wood Production

Red = low
Blue = high

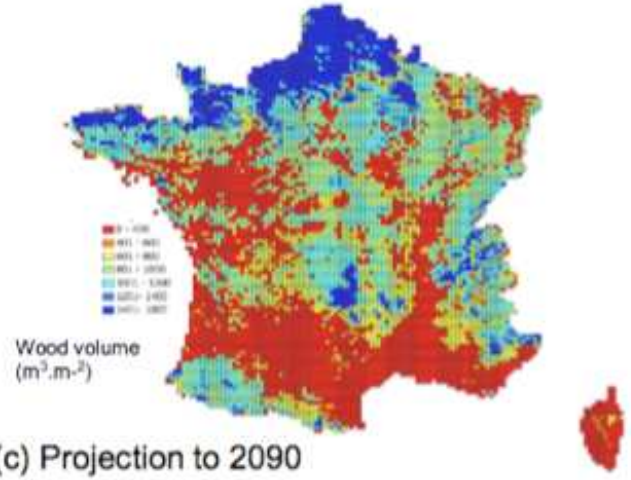


(b) Projection to 2050

CASTANEA:

Mechanistic tree growth model

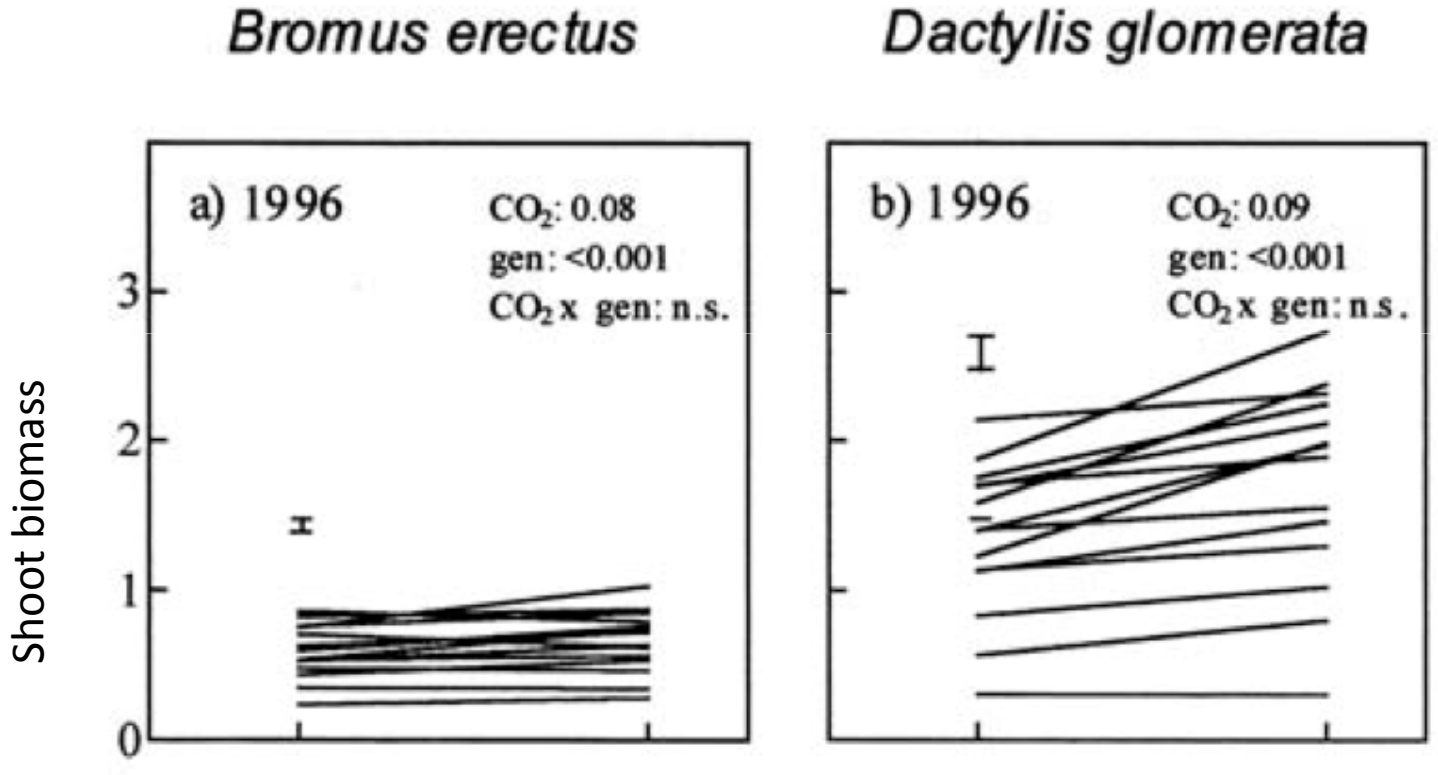
Davi et al. 2008
A. Cheaib, C. François, E. Dufrene
ESE Lab, Orsay



(c) Projection to 2090

Impacts Attendus : Prairies
Réponses Génétiques

Les expériences indiquent un rôle important, mais nous manquons de modèles pour prévoir

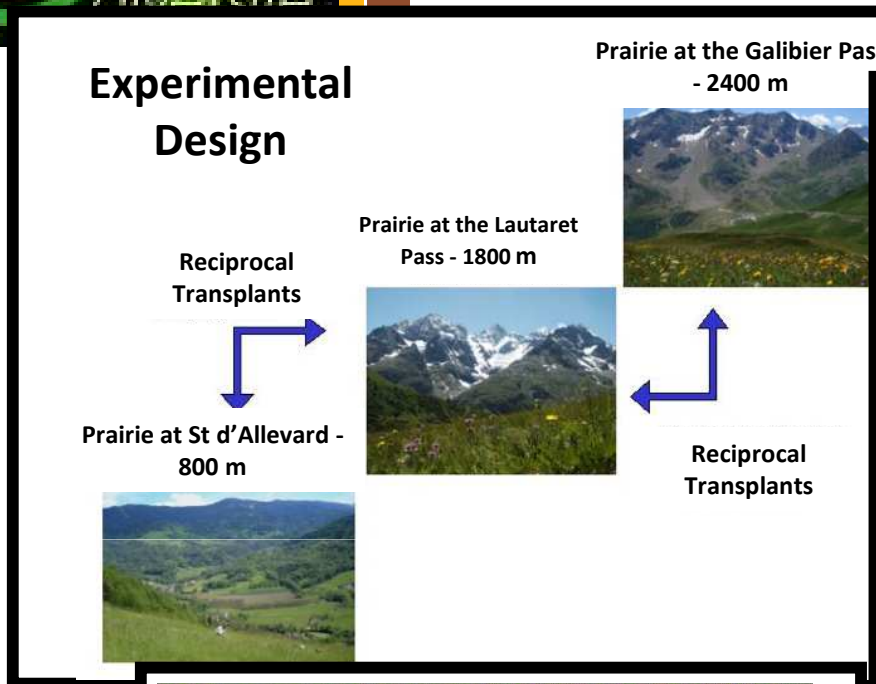


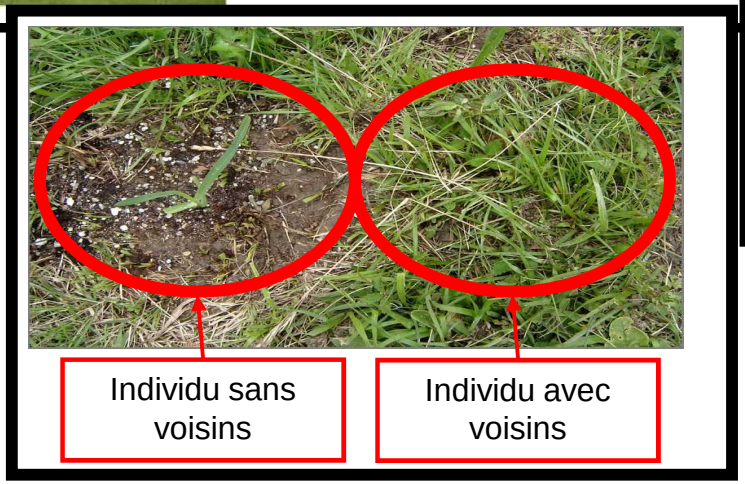
Atmospheric CO_2 concentration

Roy & Roumet 2002

Impacts Attendus : Prairies
Interactions entre espèces

Experimental Design





Espèce	Alpin		Subalpin		Collinéen	
Dactyle			+	-	0	-
Brome			0	0	0	0
Fetuque	-	0	0	0		
Carex	0	0	0	+		
Seslerie	+	0	+	0		

Effet de la présence de voisins sur la survie et la production de biomasse aérienne (effet positif + "facilitation" ou effet négatif - "compétition" ou effet nul 0)

Survie	Masse aérienne

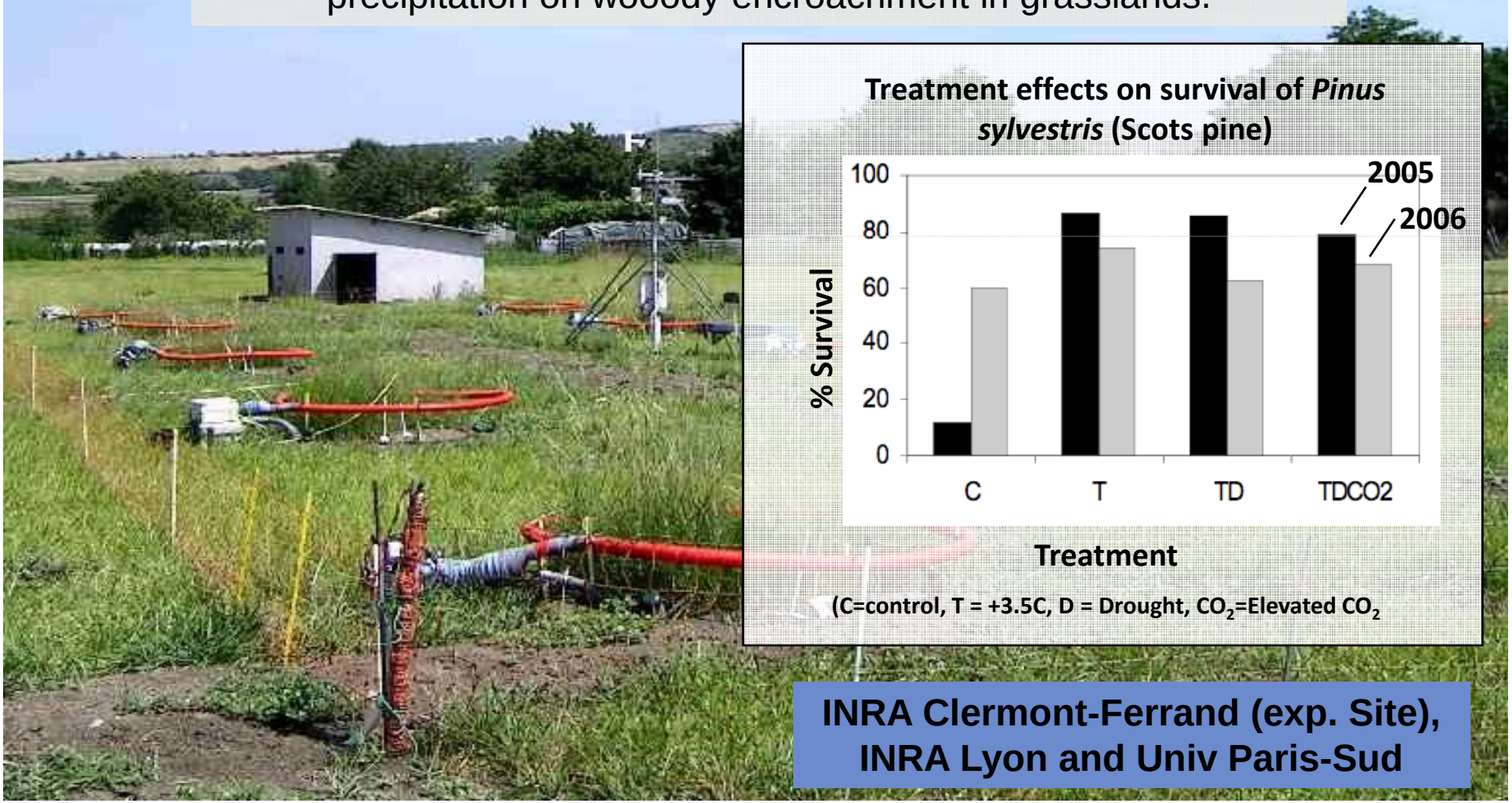
Effet de la présence de voisins sur la survie et la production

Impact des changements climatiques sur des espèces herbacées- *Sandra Lavorel (LECA, UJF Grenoble)*

Impacts Attendus : Prairies
Structure des Communautés

Une résistance & une résilience inattendues

IMAGINE: A study of the effects of elevated CO_2, temperature and precipitation on wooody encroachment in grasslands.



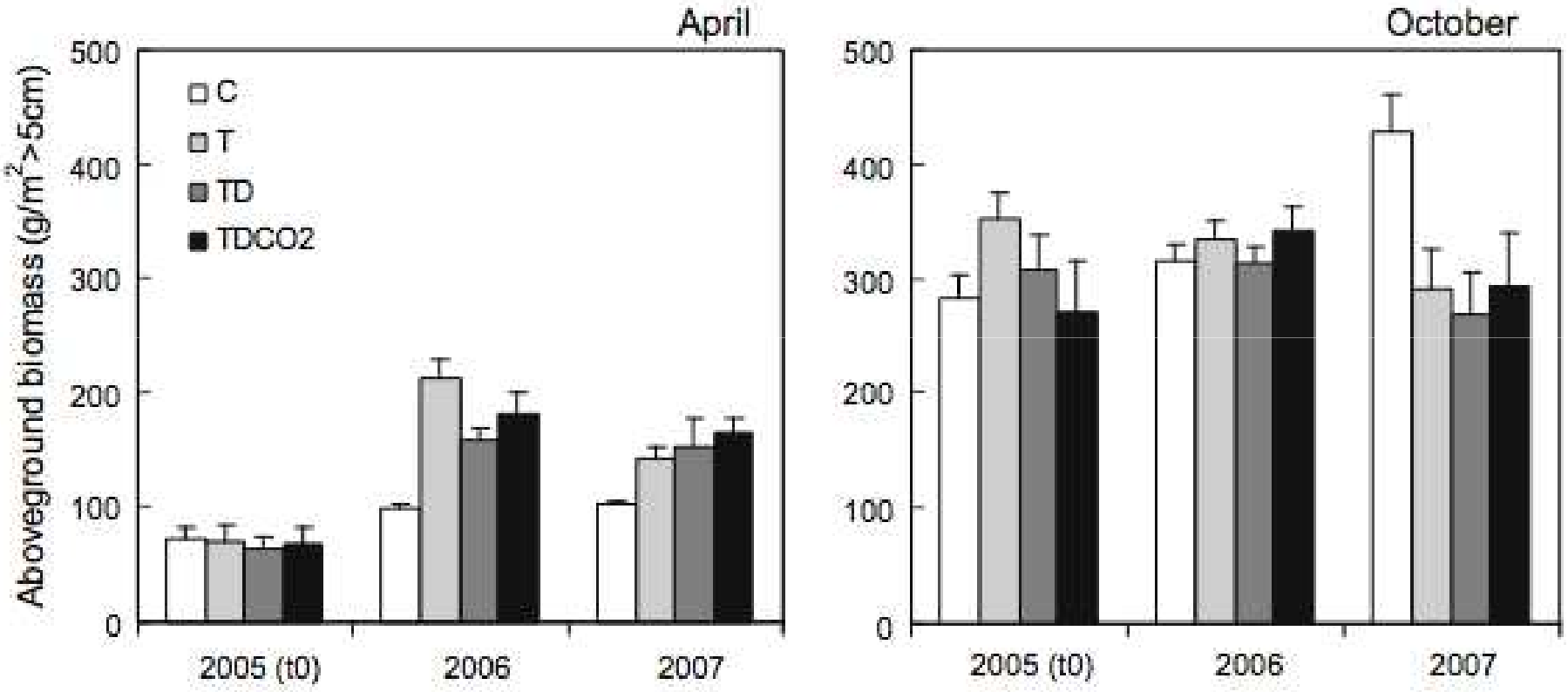
Treatment effects on survival of *Pinus sylvestris* (Scots pine)

(C=control, T = +3.5C, D = Drought, CO_2=Elevated CO_2

INRA Clermont-Ferrand (exp. Site), INRA Lyon and Univ Paris-Sud

Impacts Attendus : Prairies
Productivité

Une résistance & une résilience inattendues



Treatment

(C=control, T = +3.5C, D = Drought, CO_2=Elevated CO_2

Bloor et al. 2010. Ecosystems

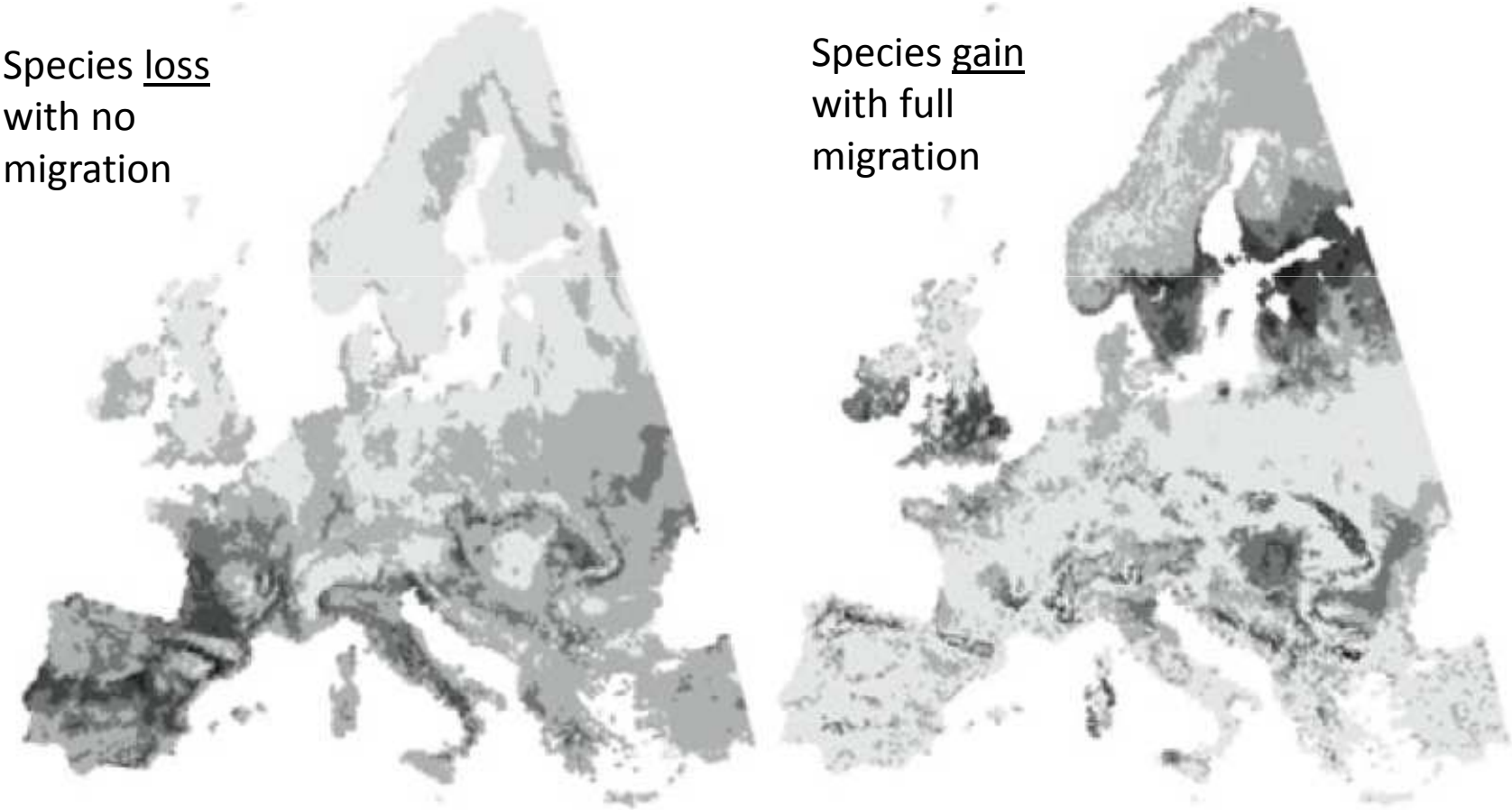
Impacts Attendus : Ecosystèmes terrestres
Aires de Répartition

Multiples études, mais peu par habitat

Projected Amphibian species richness 2050

Species loss with no migration

Species gain with full migration



Araujo et al. 2006

Merci aux multiples contributeurs

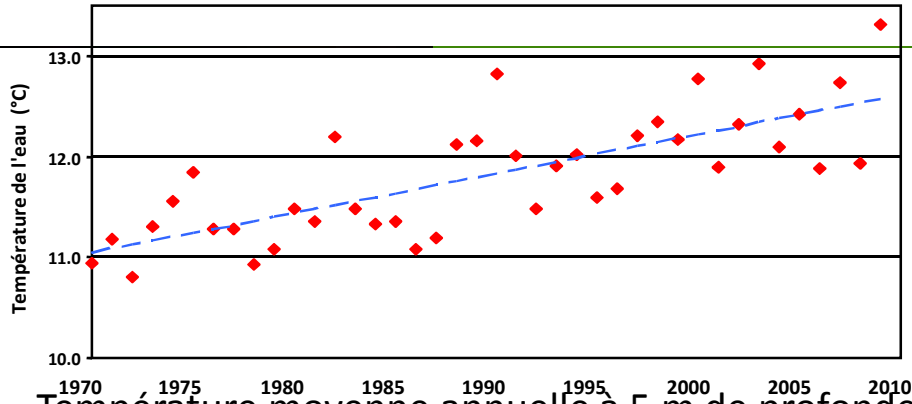
Daniel Gerdeaux

LES ECOSYSTÈMES AQUATIQUES

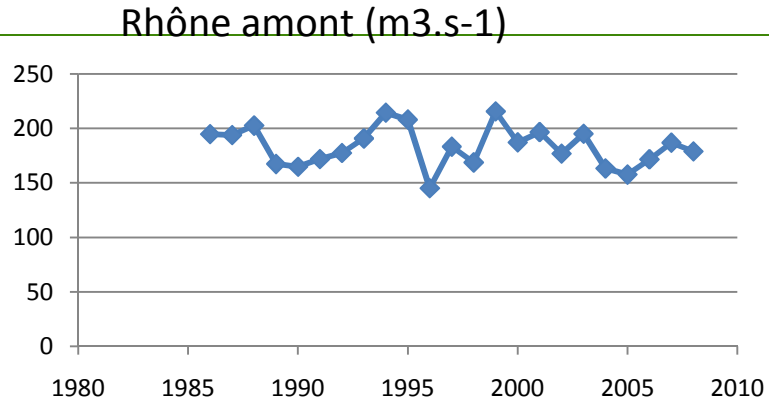
Ecosystèmes aquatiques, bilan des impacts constatés

Au niveau	Changements sur	Importance des changements	Attribuable au changement climatique ?
… génétique		(?)	+
… spécifique	• Aires de répartition • Phénologie • Ecophysiologie	++ ++ ++	+ +++ +
… des communautés et écosystèmes	• Abond. / compo. • Relations interspécifiques • Productivité	++ ++ ++	+ +++ +

Exemple du lac Léman www.cipel.org

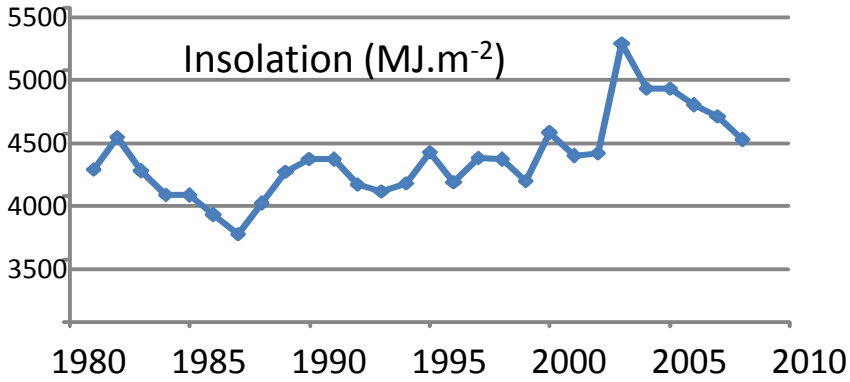


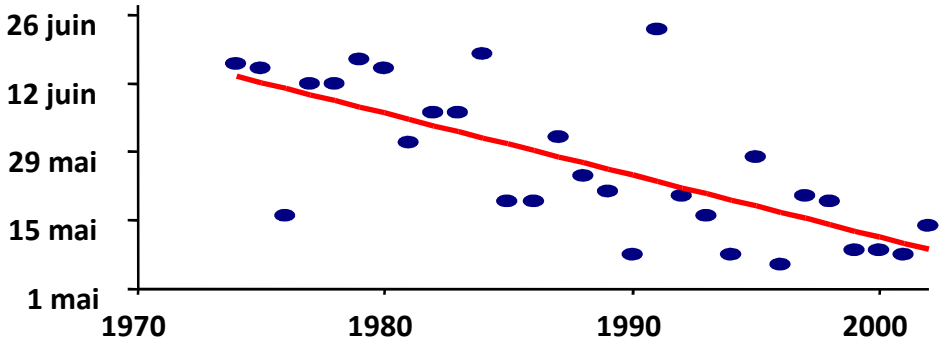
Température moyenne annuelle à 5 m de profondeur



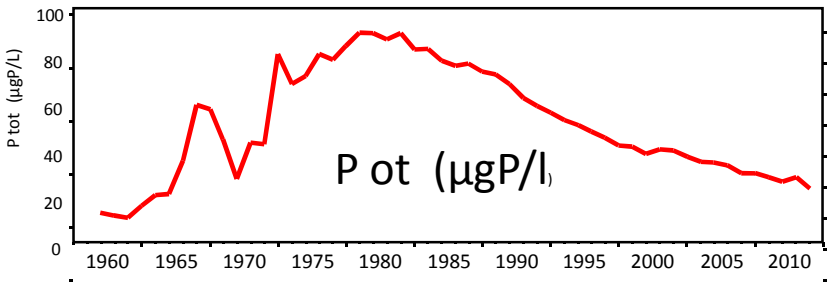
Le climat change, le statut trophique également.

La stratification thermique est avancée, le brassage hivernal réduit.

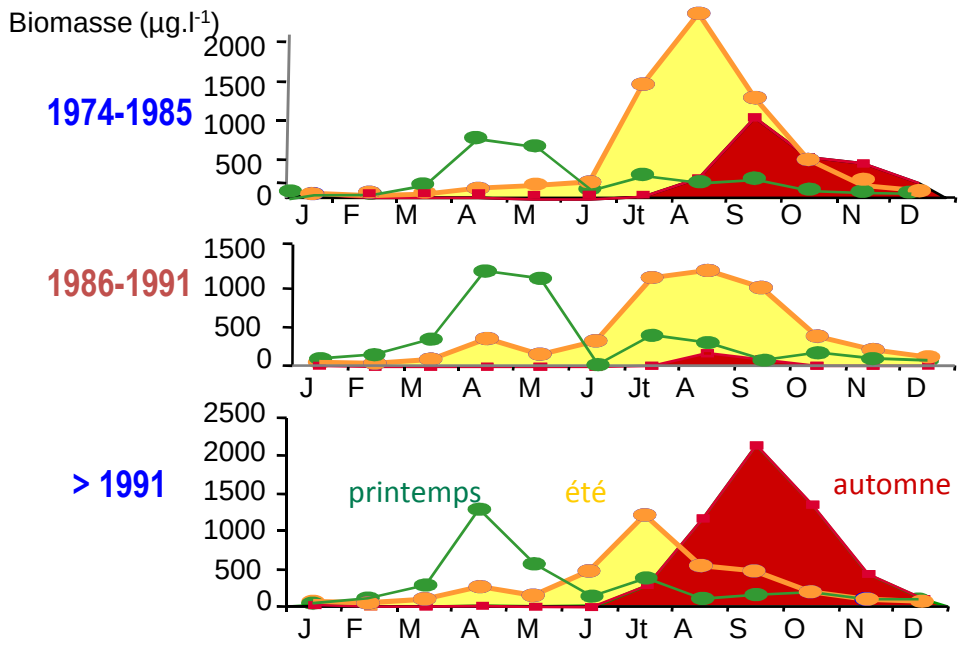




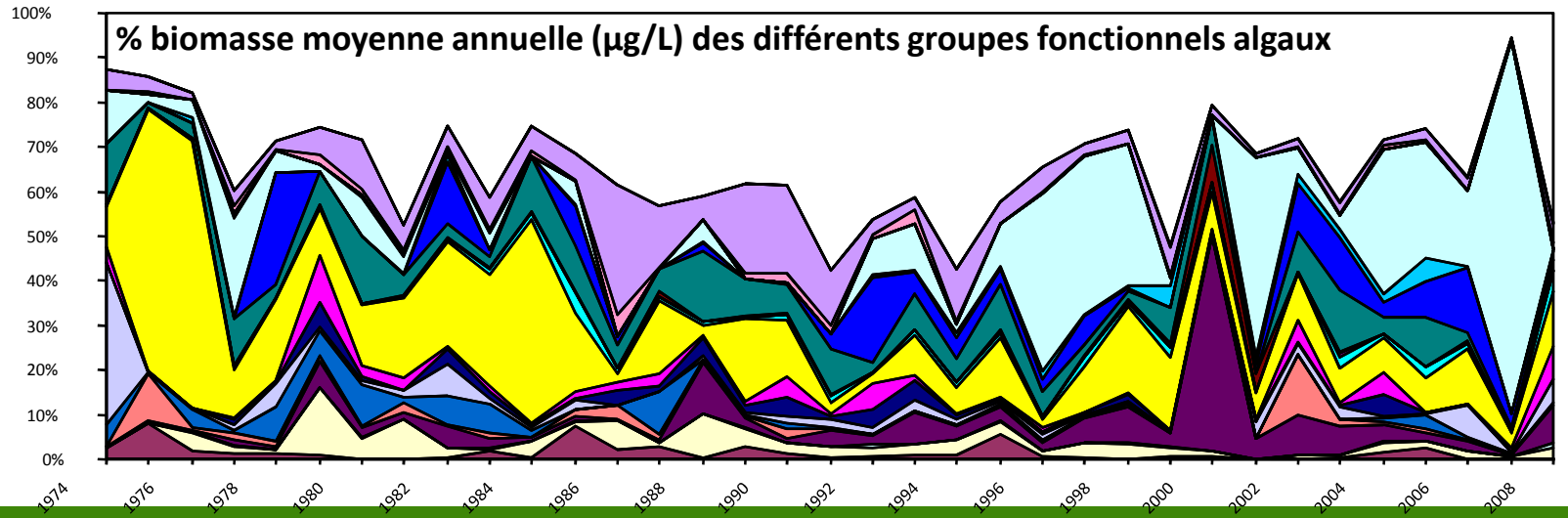
Début de la stratification thermique avancé



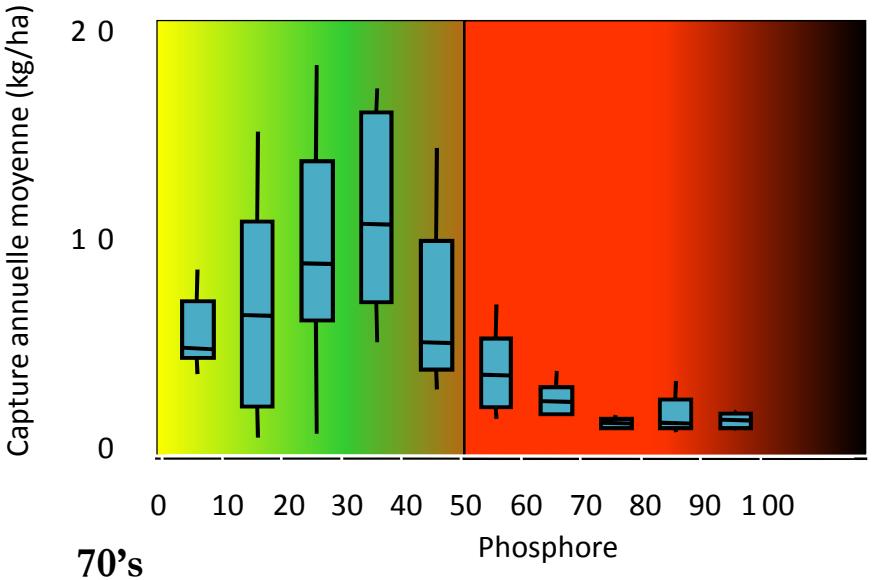
Exemple du lac Léman www.cipel.org



Les changements dans les successions phytoplanctoniques au Léman s'expliquent par des changements dans les [] en P, la température, les communautés piscicoles, effets descendants et ascendants.

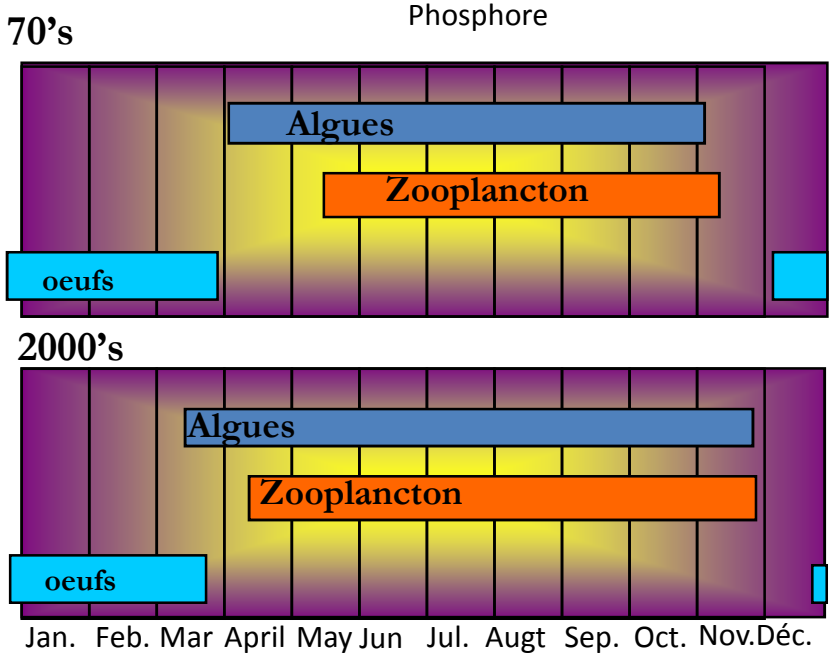


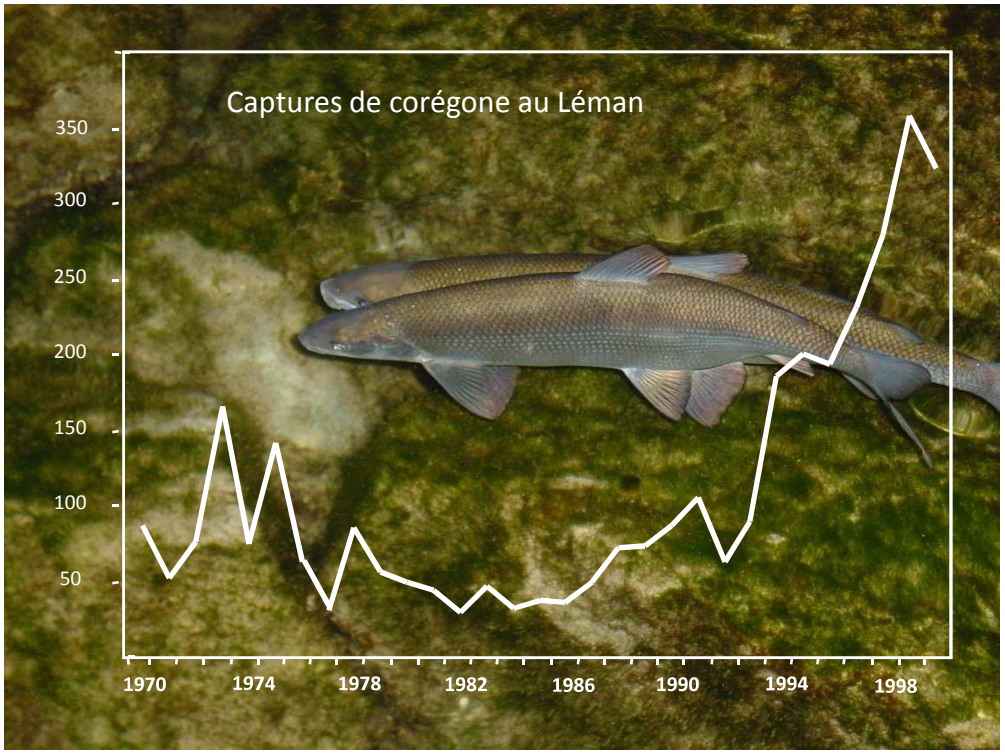
Exemple du lac Léman www.cipel.org



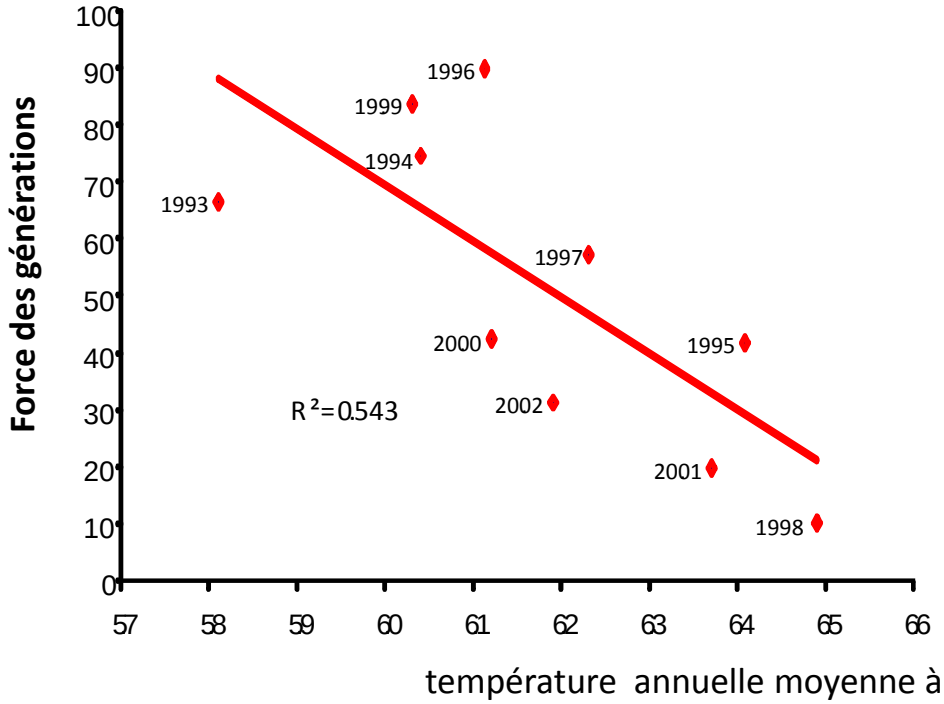
Le corégone au Léman devient l'espèce dominante dans la pêche :

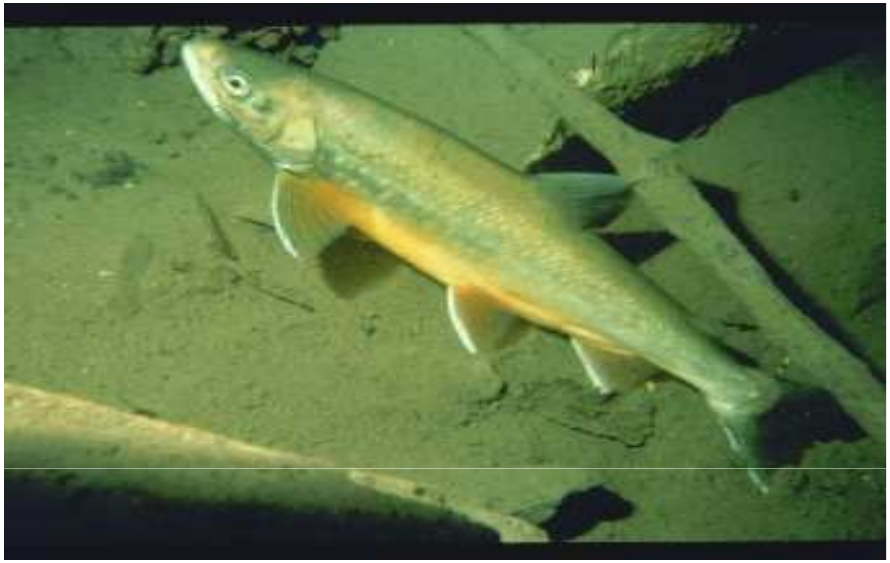
- réoligotrophisation
- meilleure synchronie dans les phénologies
- alevinage et gestion adaptée





L'omble est défavorisé par le réchauffement. Il disparaîtra si la T°C >7°C (ovulation bloquée)





Les cyprinidés sont par contre favorisés par le réchauffement.

A terme, la communauté sera dominée par les cyprinidés après un passage où les corégones prospèrent.

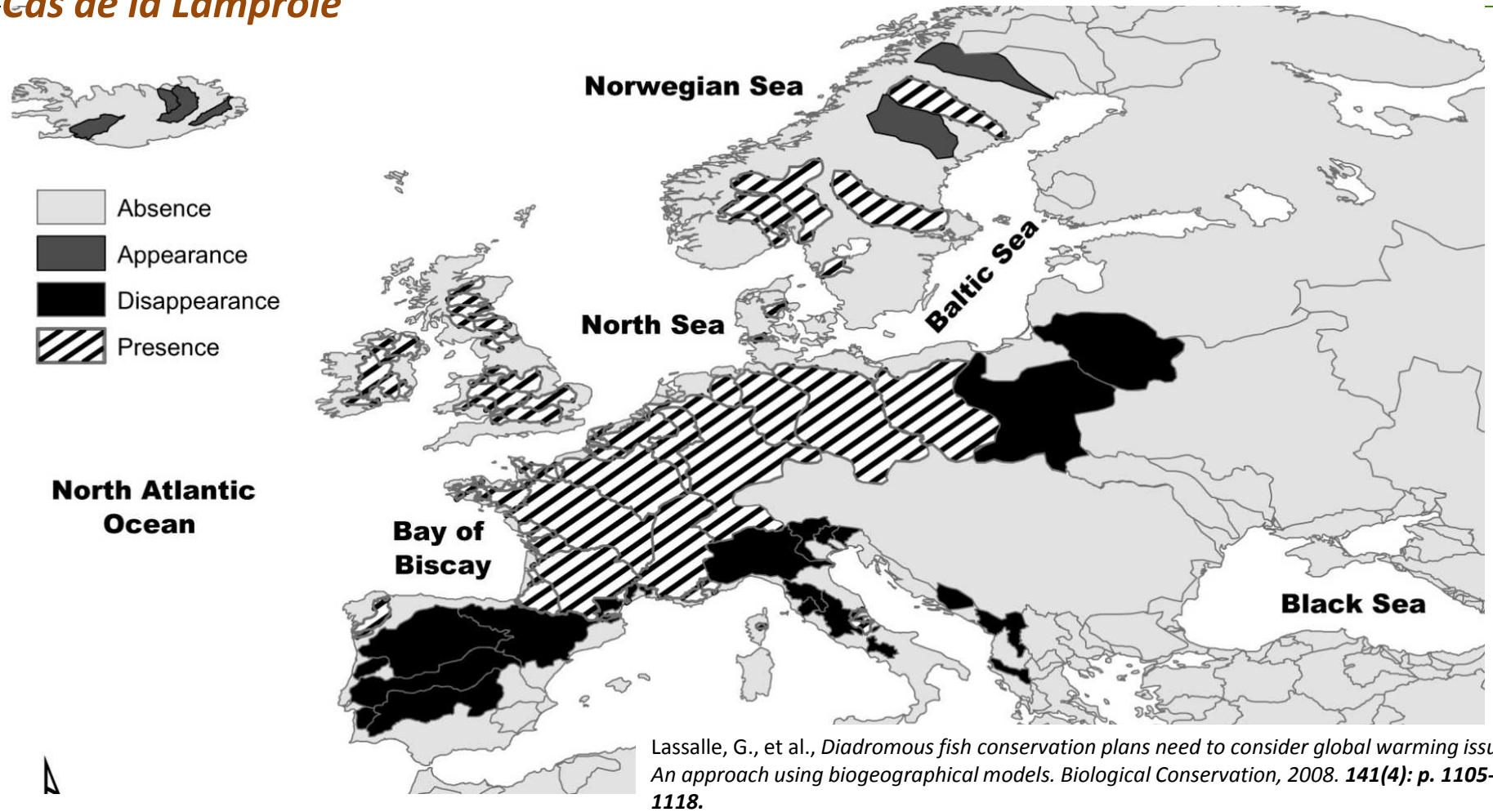
Les populations d'omble chevalier du Nord de l'Europe deviendront plus productives. L'aire de répartition se réduira…

Ecosystèmes aquatiques, bilan des impacts constatés

Au niveau	Changements sur	Importance des changements	Attribuable au changement climatique ?
… génétique		(?)	+
… spécifique	• Aires de répartition • Phénologie • Ecophysiologie	++ ++ ++	+ +++ +
… des communautés et écosystèmes	• Abond. / compo. • Relations interspécifiques • Productivité	++ ++ ++	+ +++ +

Changements d'aires de répartition

Cas de la Lamproie



Lassalle, G., et al., *Diadromous fish conservation plans need to consider global warming issues: An approach using biogeographical models. Biological Conservation, 2008.* ***141(4): p. 1105-1118.***

La biodiversité augmentera probablement dans tous les écosystèmes d'eau douce français. Augmentation plus marquée avec l'altitude dans les milieux de petite taille . Rosset et al. Global Change Biology (2010) 16, 2376–2387, doi: 10.1111/j.1365-2486.2010.02206.x

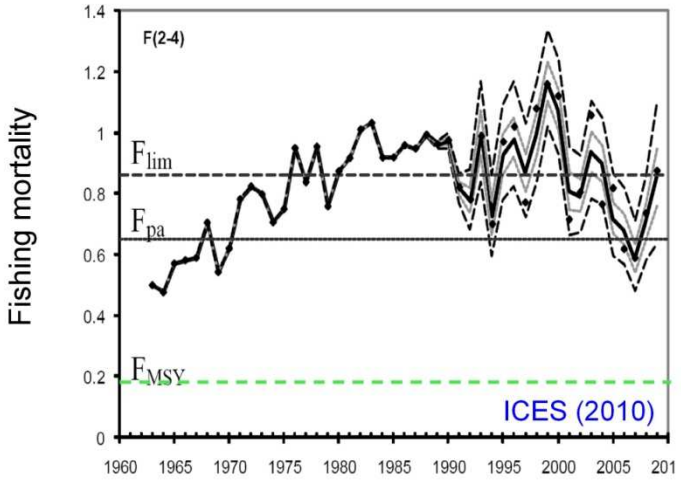
Philippe Gros

LES ÉCOSYSTÈMES MARINS

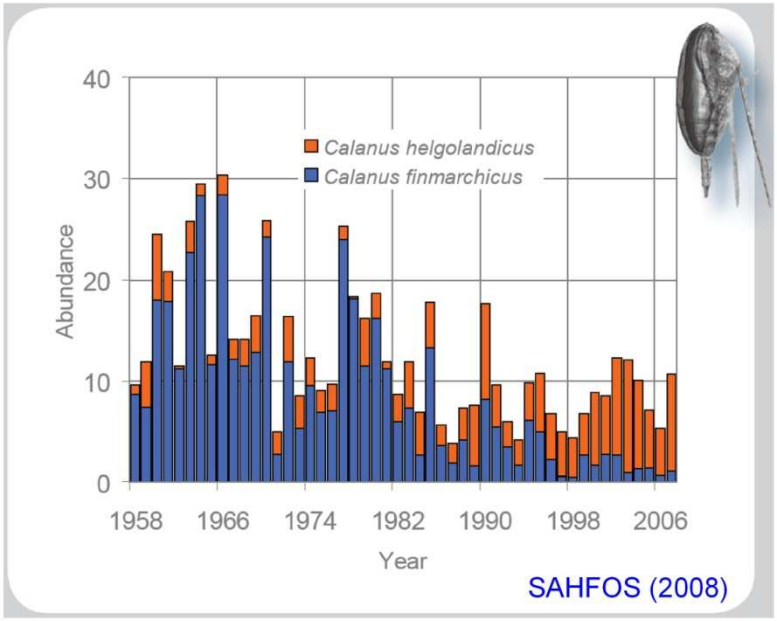
Impacts sur les écosystèmes marins

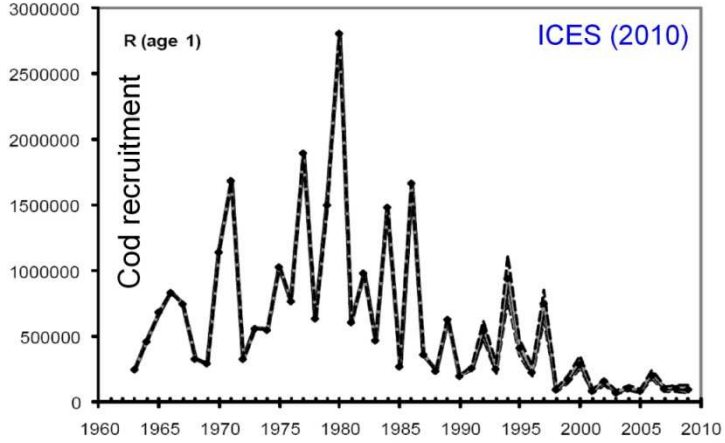
Niveau d'observation	Ce qui change	Ampleur des changements	Attribuable au changement climatique (CC) ?
… **espèces populations communautés**	• Aires de répartition • Abondance • Phénologie • Écophysiologie	+++ du plancton aux poissons ; ++ idem ; ++ idem ; + effet Temp. bien identifié.	Effet global du CC sur l'habitat océanique. Communautés exploitées : CC interagit avec exploitation.
… **génétique**	*Marine metazoa DNA barcoding* (~10 % des ~200 000 spp. connues) : changements aux échelles phylogéographiques		
… **communautés écosystèmes**	• Productivité • Relations interspécifiques	P. primaire : ± Rel. trophiques : match/mismatch	CC × eutroph^{ion}. Phénologie et désynchronisations

Un exemple concret



Déclin de la morue
en mer du Nord
1980 → actuel





Effets conjugués de la
surexploitation et d'un
mismatch trophique

Le CC, un responsable parmi d'autre

Pressures	Main impacts
Climate change	Increased/changed risk of floods and erosion, sea-level rise, increased sea surface temperature, acidification, altered species composition and distribution, biodiversity loss
Agriculture and forestry	Eutrophication, pollution, biodiversity/habitat loss, subsidence, salinisation of coastal land, altered sediment balance, increased water demand
Industrial and infrastructure development	Coastal squeeze, eutrophication, pollution, habitat loss/fragmentation, subsidence, erosion, altered sediment balance, turbidity, altered hydrology, increased water demand and flood-risk, seabed disturbance, thermal pollution
Urbanisation and tourism	Coastal squeeze, highly variable impacts by season and location, artificial beach regeneration and management, habitat disruption, biodiversity loss, eutrophication, pollution, increased water demand, altered sediment transport, litter, microbes
Fisheries	Overexploitation of fish stocks and other organisms, by-catch of non-target species, destruction of bottom habitats, large-scale changes in ecosystem composition
Aquaculture	Overfishing of wild species for fish feed, alien species invasions, genetic alterations, diseases and parasite spread to wild fish, pollution, eutrophication
Shipping	Operational oil discharges and accidental spills, alien species invasions, pollution, litter, noise
Energy and raw material exploration, exploitation and distribution	Habitat alteration, changed landscapes, subsidence, contamination, risk of accidents, noise/light disturbance, barriers to birds, noise, waste, altered sediment balance, seabed disturbance

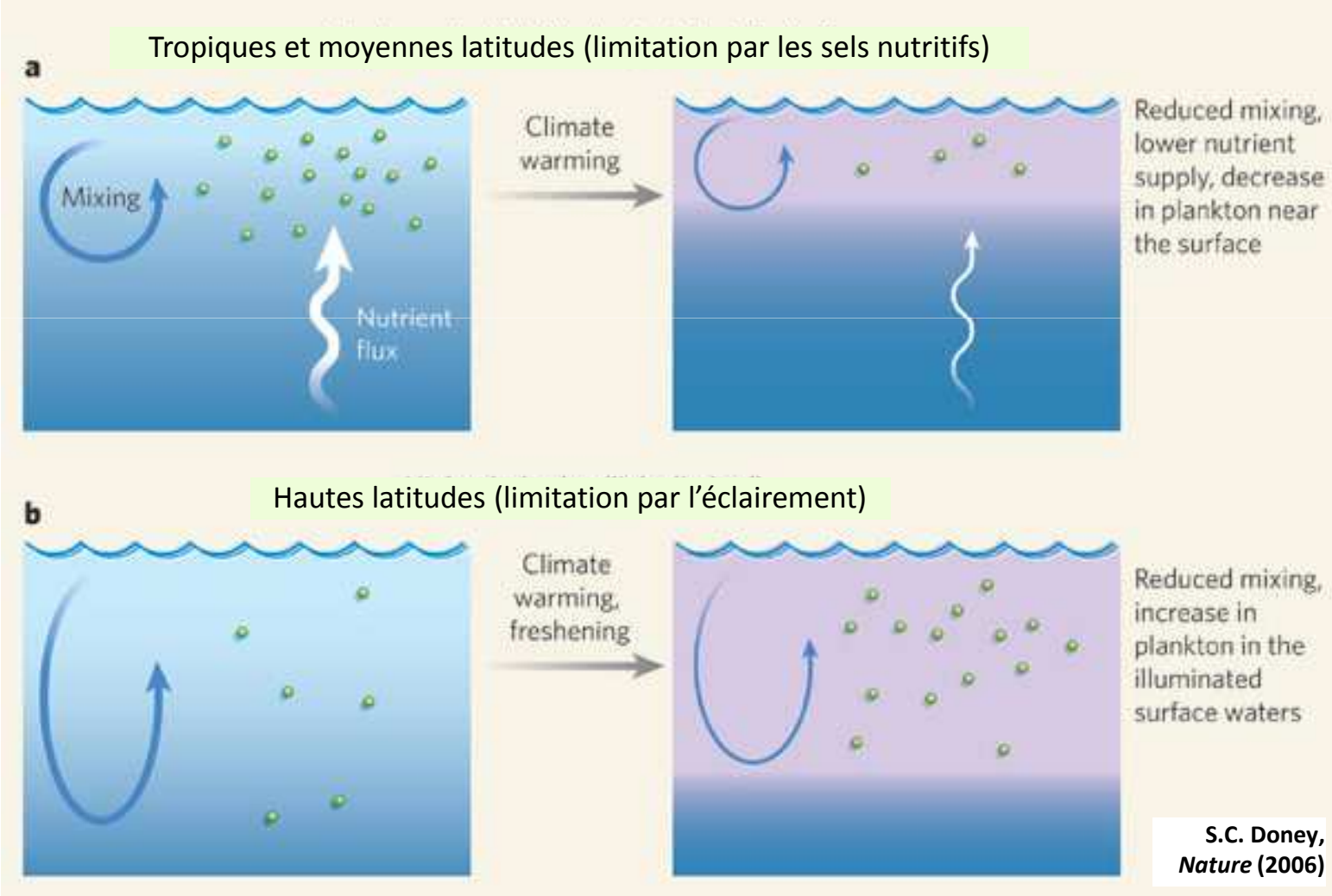
Europe's environment
The 4th assessment (2007)

Ecosystèmes marins, bilan des impacts attendus

Niveau d'organisation	Impacts sur	À court terme	À long terme
… espèces populations communautés	• Répartition • Abondance • Composition • Phénologie • Écophysiologie	Immig^{on}/extinction Fonct. productivité ↗ biodiv. (htes lat.) ↗ désynchron^{ions} ↗ du stress (T, O_2)	Biogéogr. modifiée idem, cf. infra ? basses latitudes Communautés recomposées idem + acidification
… génétique	Vitesse adapt^{ion}	?	?
… communautésécosystèmes	• Productivité • Relations interspécifiques	↗ (htes latitudes), ↘ (basses-moy.lat.) Modifiées par les capacités d'adap^{tion} des différentes ssp	+ effets des chgts circul^{ion} océanique Quels prédateurs, parasites, etc. dans les futurs habitats ?

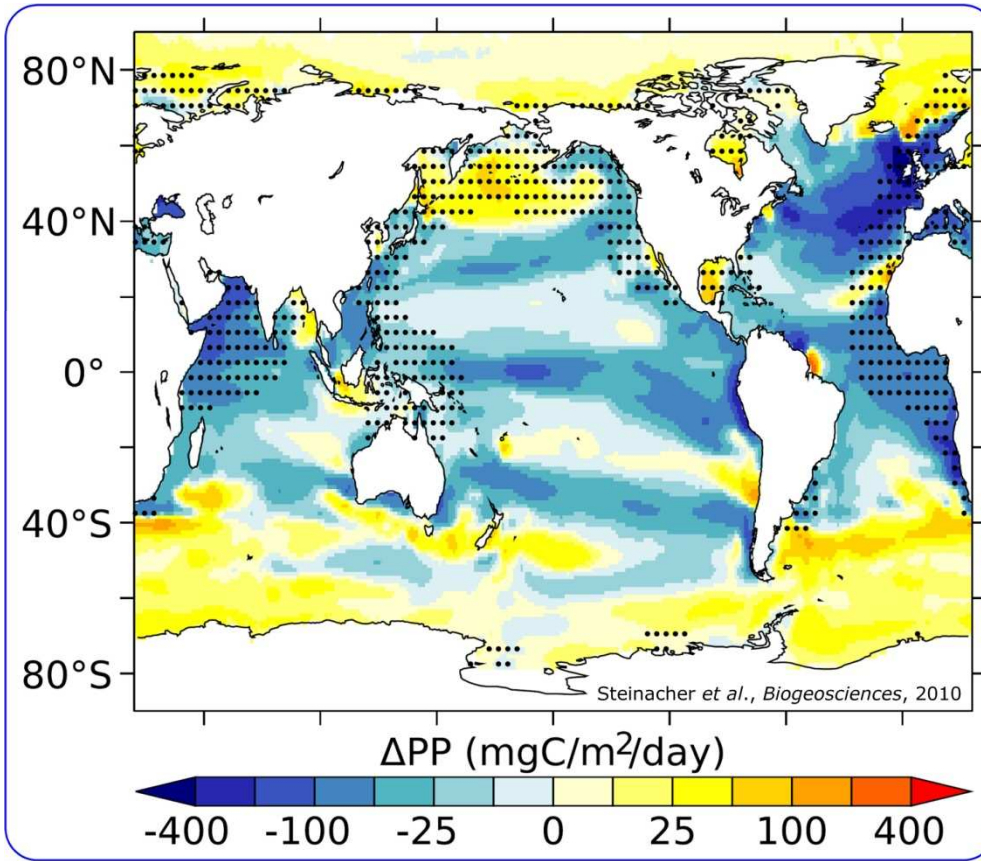
Un exemple concret

- **Réchauffement des eaux de surface – impact sur la productivité**



Prévoir les impacts

- **Modélisation : $PP_{2090\text{-}2099} - PP_{1860\text{-}1869}$**
- **diminution globale estimée : 2 % à 20 %** **(scénario A2)**



- **effet de seuil :**

[i] ↘ sels nut. en surface

[ii] ↗ cyanobact., flagellés, microz ooplancton

[iii] ↗ nb. niveaux trophiques, ↗ recyclage et pertes par respiration, ↘ export de MO ⇒ basculement vers un système moins productif

[iv] CC × surexpl. des poissons planctonophages × feedback dans les réseaux trophiques ⇒ dominance des méduses ?

Serge Morand

LACUNES ET RECOMMANDATIONS

Les « lacunes »

Connaissances sur la biodiversité

- **Espèces, gènes, populations**
  - La biodiversité « orpheline »
    - Milieux : sols, sédiments
    - Organismes : champignons, bactéries…
  - Vitesses de migration
    - invasion : exotiques, maladies infectieuses émergentes
  - Ecophysiologie intégrative / Traits de vie / mécanismes de l'adaptation et d'évolution
    - Bases de données
    - Ecophysiologie et génétique de l'adaptation
    - Liens avec les études en génétique et sélection en agronomie
- **Fonctionnement des écosystèmes**
  - Le stockage carbone, l'importance de interactions…
  - Part du CC dans les changements de biodiversité

Modelisation/scénarios

- **Couplage des modèles**
  - Climat / Biodiversité / Dynamiques socio-économiques
  - Intégration de la gestion
- **Développement d'indicateurs**
  - climatique
  - Biodiversité (effets/impacts)
  - services écosystémiques …

Suivi de la Biodiversité

- **Observatoire National de la Biodiversité / SINP**
- **FRB : ECOSCOPE**
- **Les OSU..**
- **Initiatives d'excellence: Les EQUIPEX**
- **Les sciences citoyennes (Vigie Nature…)**
- **Les alliances: ALLENVI, AGREENIUM …**
- **EUROPE: GEOBON, Lifewatch…**

=> EXPERTISE COLLECTIVE sur l'observation et les observatoires en Biodiversité ?

Les « recommandations »

- **Développer les recherches sur le fonctionnement des écosystèmes et les services écosystémiques**
- **Renforcer les systèmes d'observation**
- **Améliorer l'intégration observations / expériences / modélisation**
  - Projet Phare de la FRB : Modélisation et scénarios de la biodiversité
- **Développer des plan d'adaptation, d'analyse de risques…**
  - Lien recherche / gestionnaires / décideurs

PRÉSENTATIONS INVITÉES

- **Mise à disposition de scénarii prospectifs sur la biodiversité.** ***Xavier Le Roux– Fondation pour la Recherche sur la Biodiversité FRB***

- **Des expertises collectives aux Bases de connaissances, expérience de l'Inserm.** ***Nicole Pinhas*** **- Inserm**

TABLE RONDE

CC et biodiversité : un besoin de connaissance toujours croissant

- **Quel avenir pour ce type d'initiatives ? Quelle coordination entre acteurs de terrain et recherche**

- **Discussion sur les pistes de recherche issues de CC Bio**

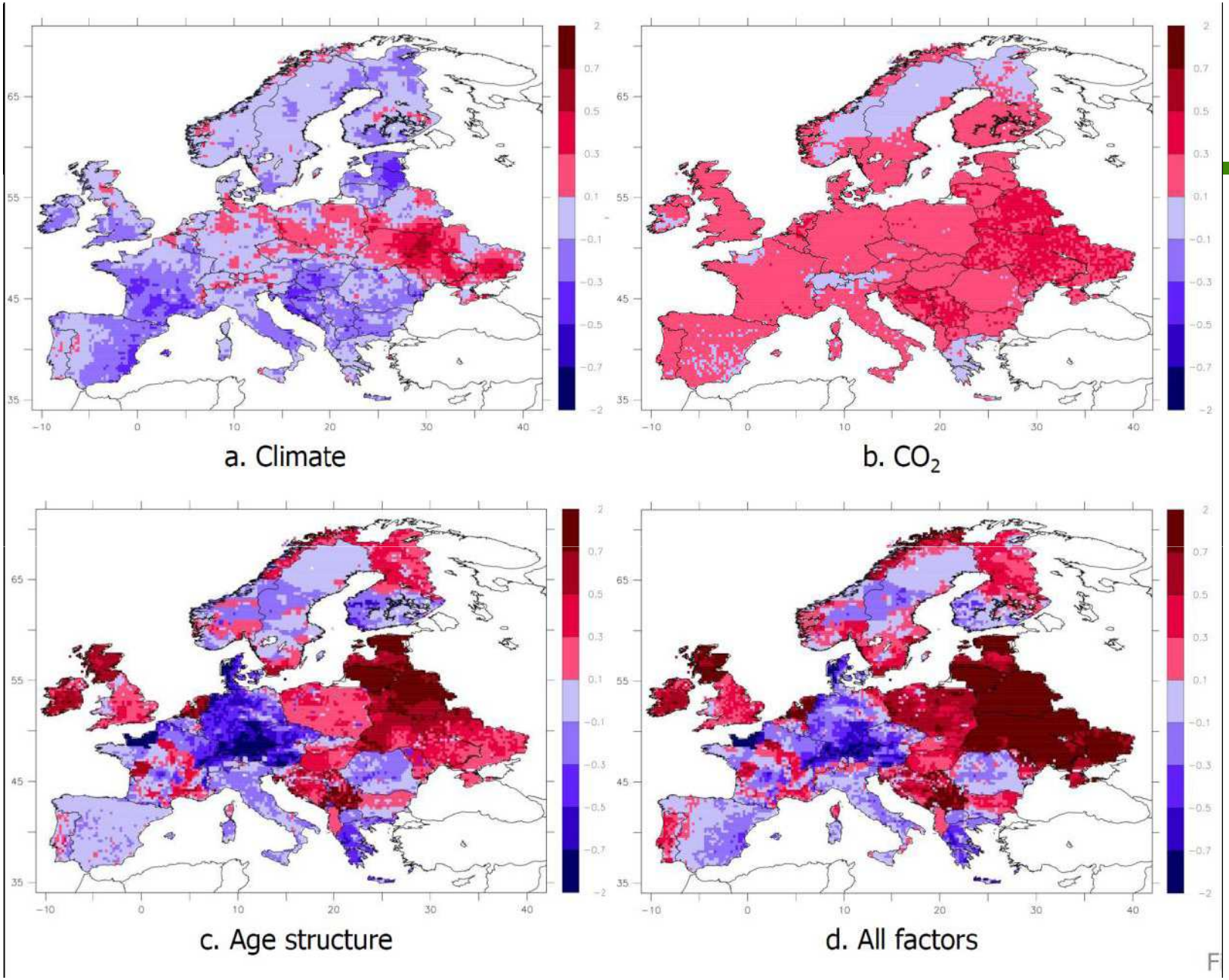
Gestion : ***Thierry Mougey -*** ***Parc Naturels Régionaux,***
Olivier Laroussinie - ***Aires marines protégées***

Recherche : ***Serge Morand*** ***– Univ. Montpellier 2,***
Robert Barbault ***– MNHN***

Animateur et synthèse des débats : Claude Millier - AgroparisTech

Changement climatique et biodiversité : un exemple forestier

- Des saisons de végétation plus longues…
- Des forêts qui remontent les pentes de nos montagnes
- Des forêts qui poussent mieux, pour des raisons qu'on arrive à présent à identifier



Bellassen, 2010 (LSCE, thèse, novembre 2010)

An increase in the upper tree-limit of silver fir (Abies alba Mill.) in the Alps since the mid-20th century: A land-use change phenomenon

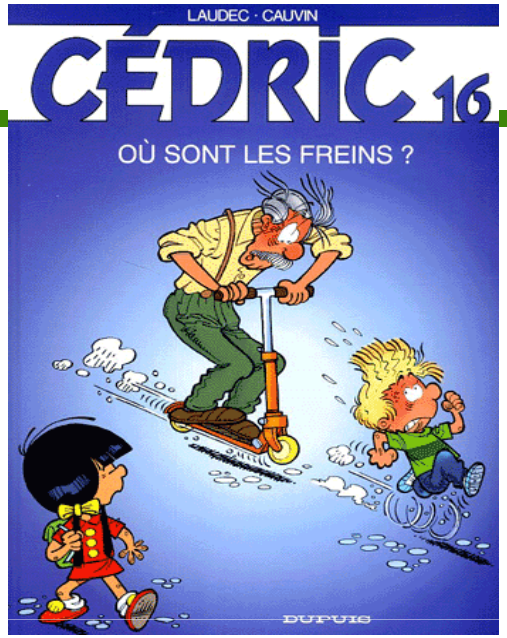
Sandrine Chauchard a,b,*, Fabien Beilhe a,b, Nicole Denis a, Christopher Carcaillet a,b

a Centre de Bio-Archélogie et d'Ecologie (UMR 5059 CNRS), Université´ Montpellier 2, Institut de Botanique, 163 rue Broussonet, 34090 Montpellier, France

b Paléoenvironnements et Chronoécologie (PALECO EPHE), Ecole Pratique des Hautes Etudes, Institut de Botanique, 163 rue Broussonet, 34090 Montpellier, France

Pas de données originales (françaises) sur l'évolution de la phénologie des arbres forestiers depuis 30 ans !

Les « patterns » d'augmentation de la productivité forestière méritent examen…



Prudence par rapport à l'emballement de la connaissance la (pseudo) convergence des résultats