



Forêt et changements climatiques : Constats, perspectives et recommandations

**Réunion FOGEFOR Perfectionnement
Du 22 avril 2016 à EPINAL**

Présentation : Cyril VITU CRPF Lorraine-Alsace

Base du Diaporama : Philippe RIOU-NIVERT (IDF-CNPF)

Diapositives insérées issues de François Lebourgeois – AGRO-PARIS-TECH NANCY

Complété et mis à jour par Cyril Vitu – avril 2016



La forêt face aux changements climatiques

- 1 - Climat : des constatations alarmantes
- 2 - Climat : quelles évolutions attendre ?
- 3 - Conséquences sur les arbres et la forêt
- 4 - Conséquences sur la gestion



La forêt face aux changements climatiques

1 - Climat : des constatations alarmantes





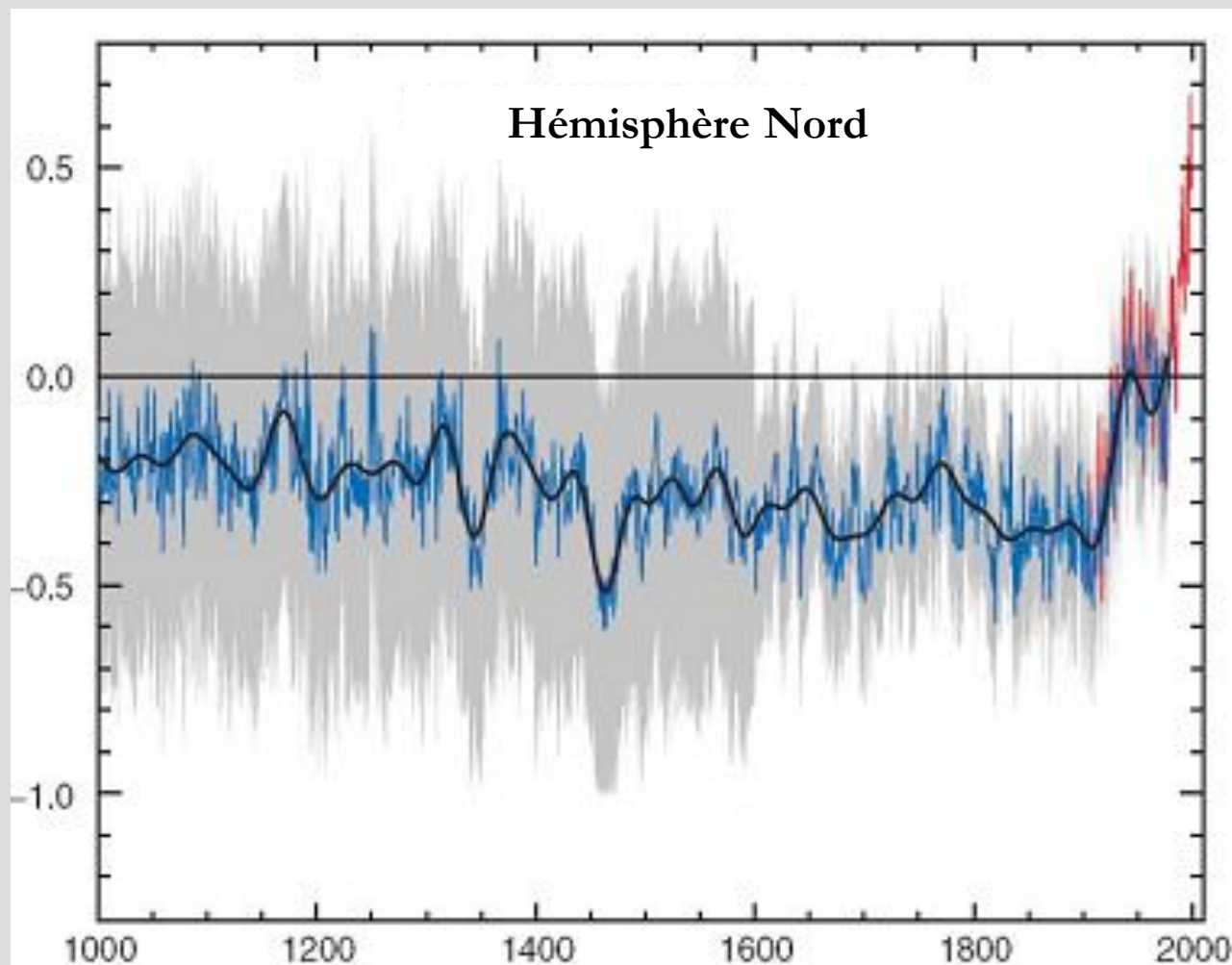
Les faits

- Augmentation des températures
- Augmentation du niveau des mers
- Réduction de la couche neigeuse, des glaciers, de la banquise et des calottes polaires
- Augmentation des évènements climatiques extrêmes et de certaines maladies...



Évolution de la température moyenne constatée depuis 1000 ans (hémisphère nord)

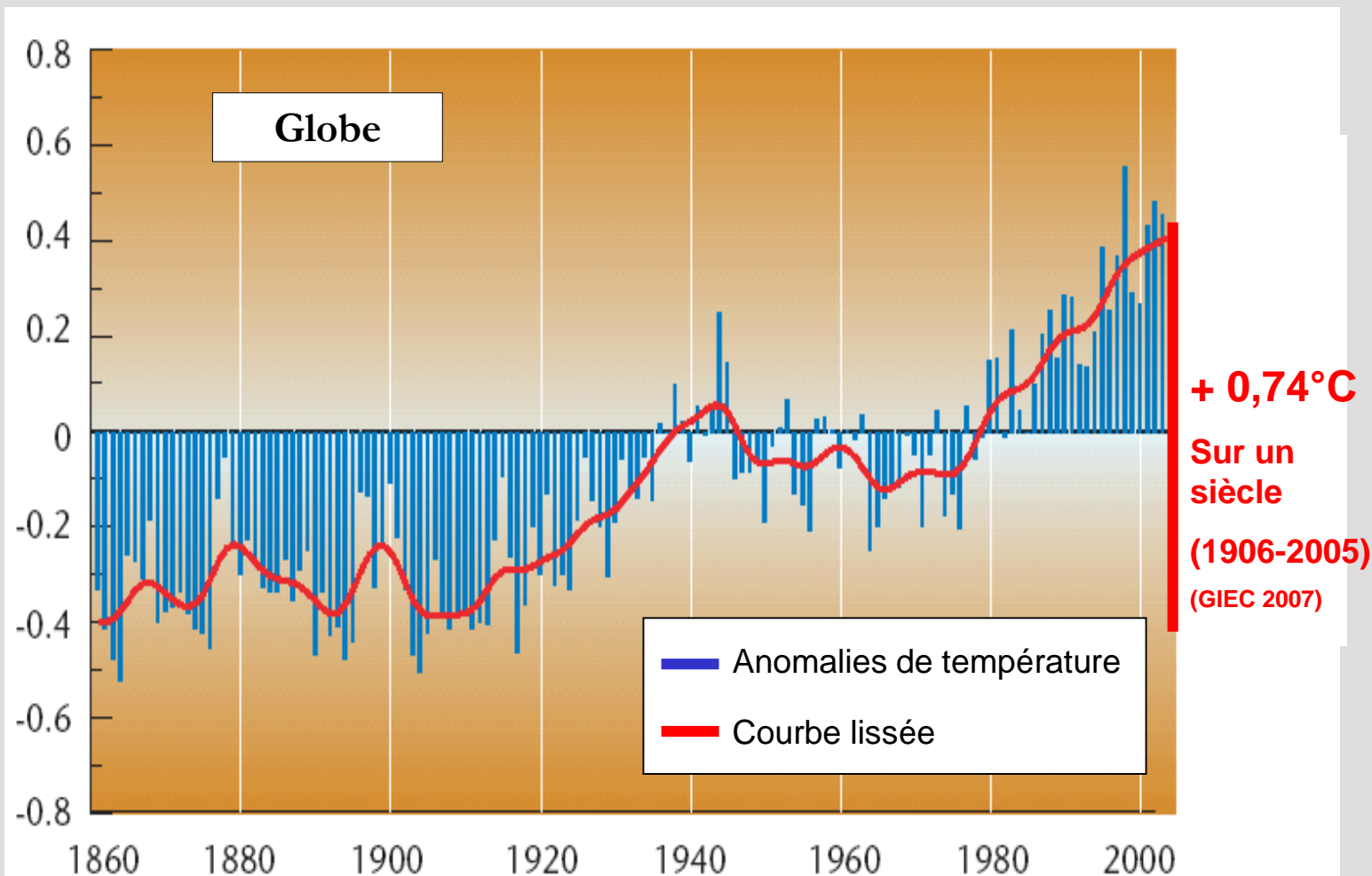
Anomalies de température par rapport à la moyenne de la période 1961-1990





Évolution de la température moyenne constatée depuis 1860 (globe)

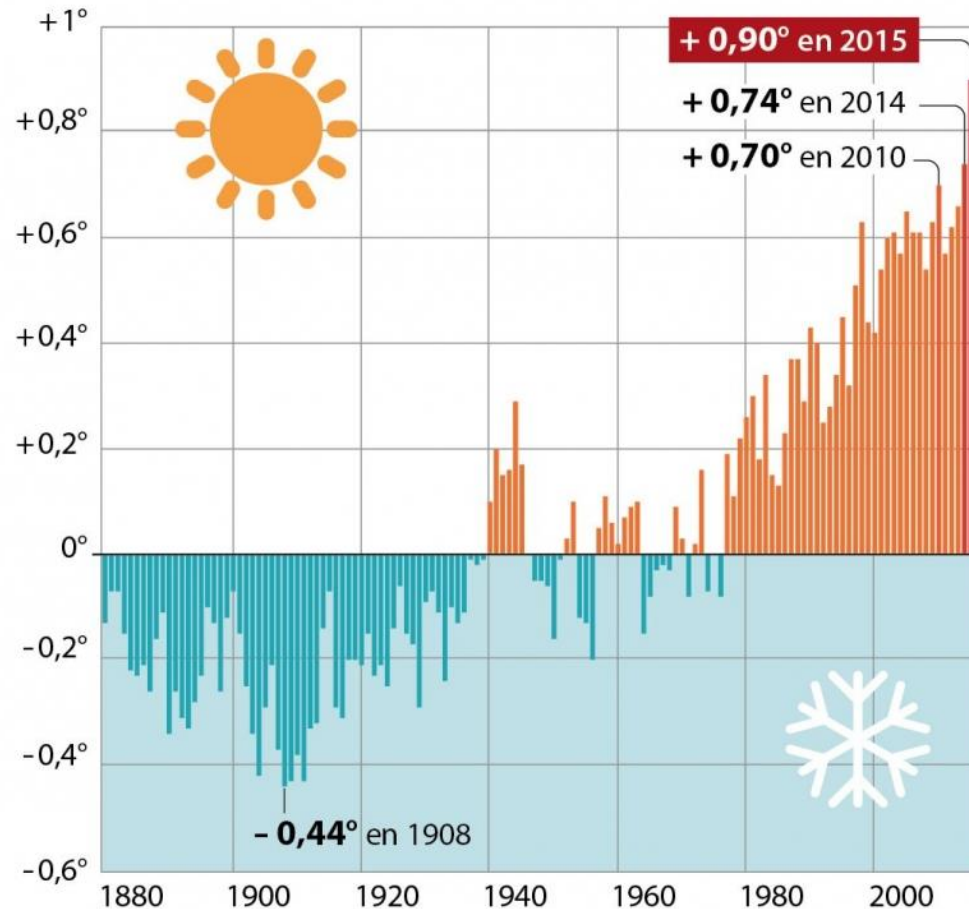
Anomalies de température par rapport à la moyenne de la période 1961-1990



15 septembre 2008

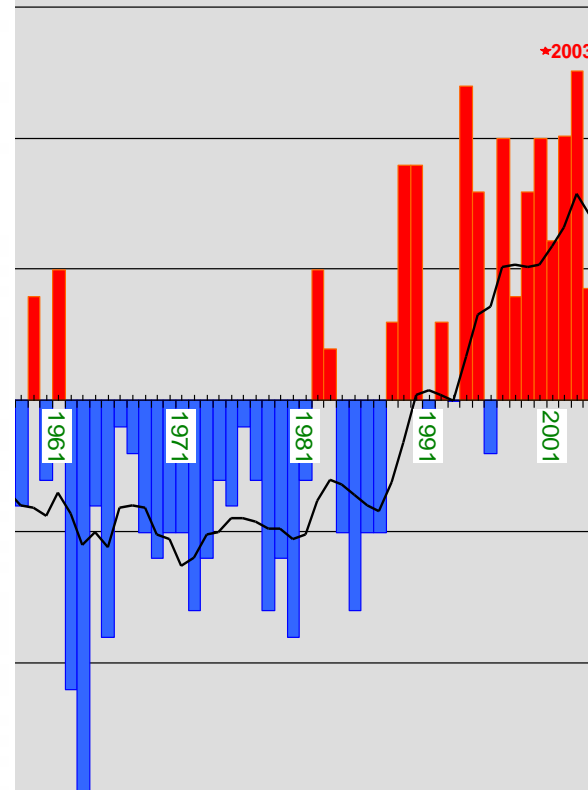
2015, année la plus chaude depuis 1880

Écart de la température moyenne des terres et océans par rapport à la moyenne du XX^e siècle (depuis 1880, en degrés Celsius)



Source : NOAA

La température moyenne constatée depuis 1900



Sur les dix années les plus chaudes depuis 1880, neuf font partie du XXI^e siècle. 2014 étant la plus chaude avec une moyenne de 14,59°C. La température moyenne de référence est de 13,9°C

En France, la température a augmenté de + 1,2°C depuis 1950 (Lebourgeois, 2000)

2014, nouvelle année record de chaud depuis 1880

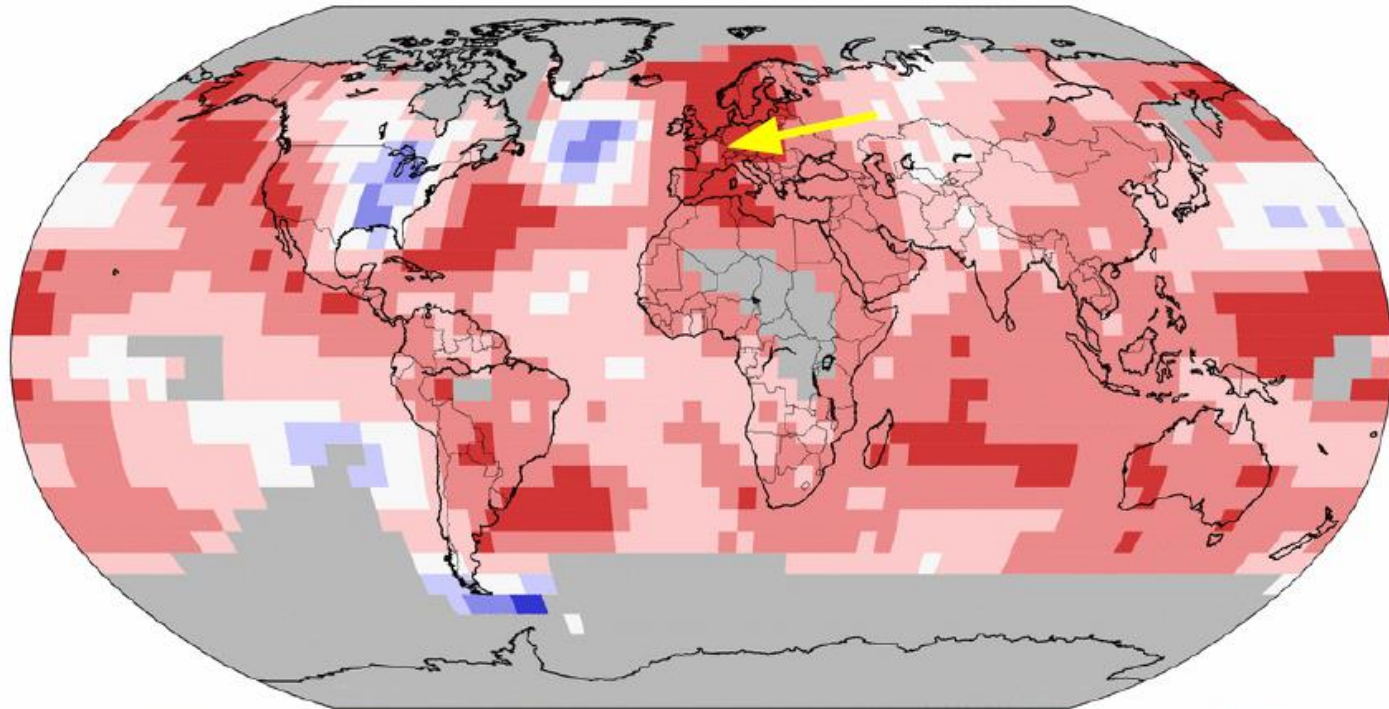
Land & Ocean Temperature Percentiles Jan–Dec 2014

NOAA's National Climatic Data Center

Data Source: GHCN–M version 3.2.2 & ERSST version 3b

TOP 10


1. 2014
2. 2010
3. 2005
4. 1998
5. 2013
6. 2003
7. 2002
8. 2006
9. 2009
10. 2007




Record
Coldest


Much
Cooler than
Average


Cooler than
Average


Near
Average


Warmer than
Average

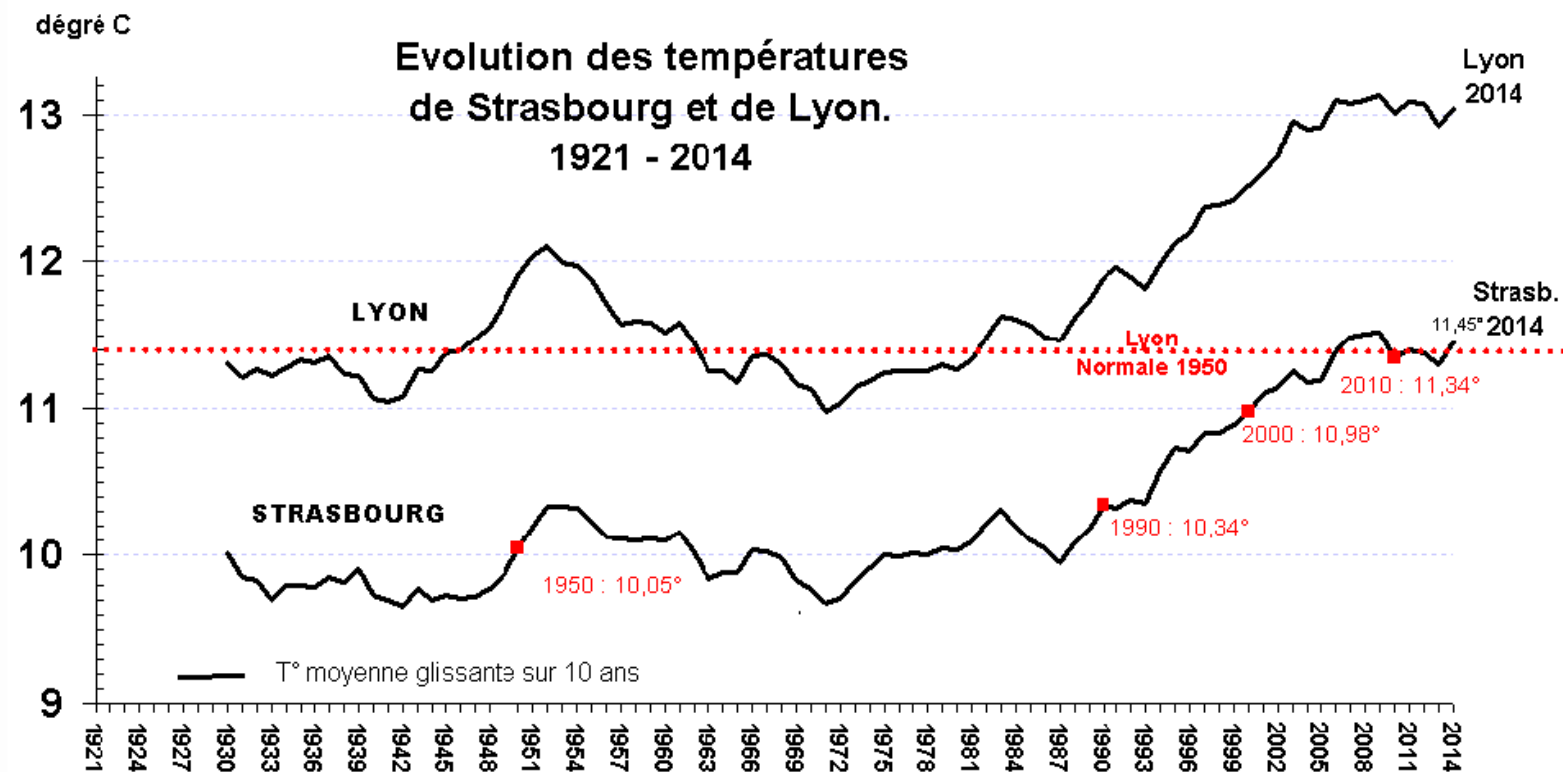

Much
Warmer than
Average


Record
Warmest



Mon Jan 12 19:34:46 EST 2015

Evolution des "moyennes glissantes 10 ans" de Strasbourg et de Lyon



La T° de Strasbourg en ce début de siècle atteint les normales de Lyon en 1950

Météo-France et vous



Vigilance Météo

Phénomènes dangereux
«<< Consultez la carte

Vigilances - Bon futur

Climat passé et futur



Accueil > Climat passé et futur > ClimathD - Le climat d'hier et de demain



Climat passé

Climat futur

LORRAINE

L'évolution constatée du climat

- Hausse des températures moyennes en Lorraine d'environ 0,3°C par décennie sur la période 1959-2009
- Accentuation du réchauffement depuis les années 1980
- Réchauffement plus marqué en été
- Augmentation des précipitations sur la période 1959-2009
- Assèchement du sol et accentuation de l'intensité des sécheresses

[En savoir plus >](#)

Lorraine

Autre région



Températures



Précipitations



Phénomènes

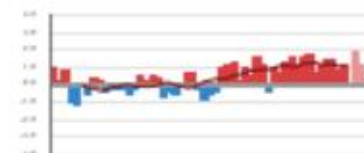


Impacts



Des températures en nette hausse

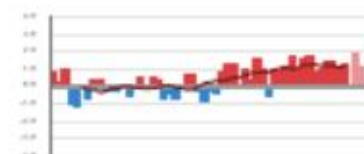
Température moyenne annuelle : écart à la référence 1961-1990



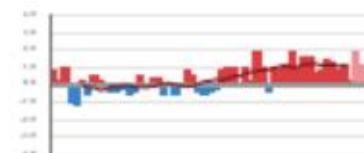
Metz-Frescaty



Nancy-Essey



Nancy-Ochey

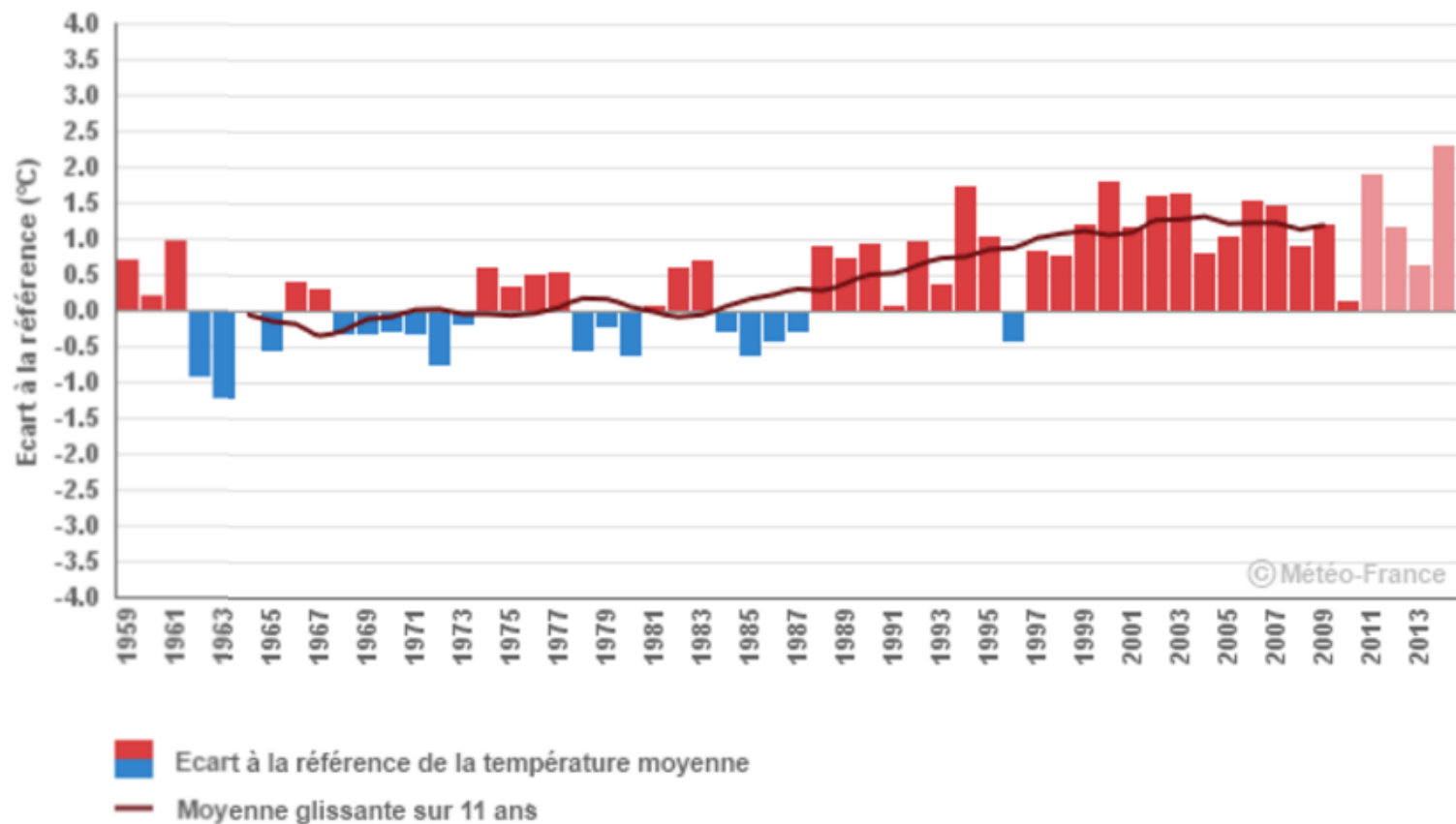


Epinal

Sur les cinquante dernières années, l'évolution des températures annuelles en Lorraine montre un net réchauffement. Sur la période 1959-2009, la tendance observée des températures moyennes annuelles avoisine +0,3°C par décennie.

Température moyenne annuelle : écart à la référence 1961-1990

Nancy-Essey



? En savoir plus

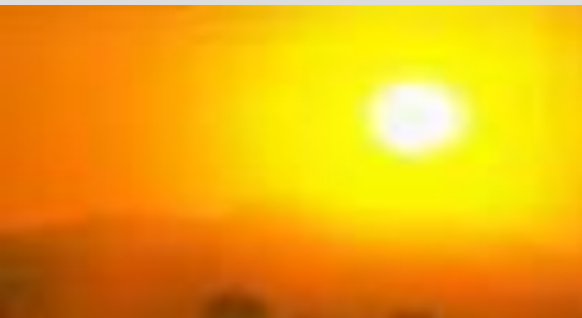
Sur les cinquante dernières années, l'évolution des températures annuelles en Lorraine montre un net réchauffement. Sur la période 1959-2009, la tendance observée des températures moyennes annuelles avoisine +0,3°C par décennie.

Les deux années les plus froides depuis 1959 datent du début des années 60 (1962 et 1963). Les plus chaudes ont été observées très récemment (en 2014 et 2011). Depuis 1988, toutes les années ont été plus chaudes que la normale 1961-1990, excepté 1991, 1996 et 2010.

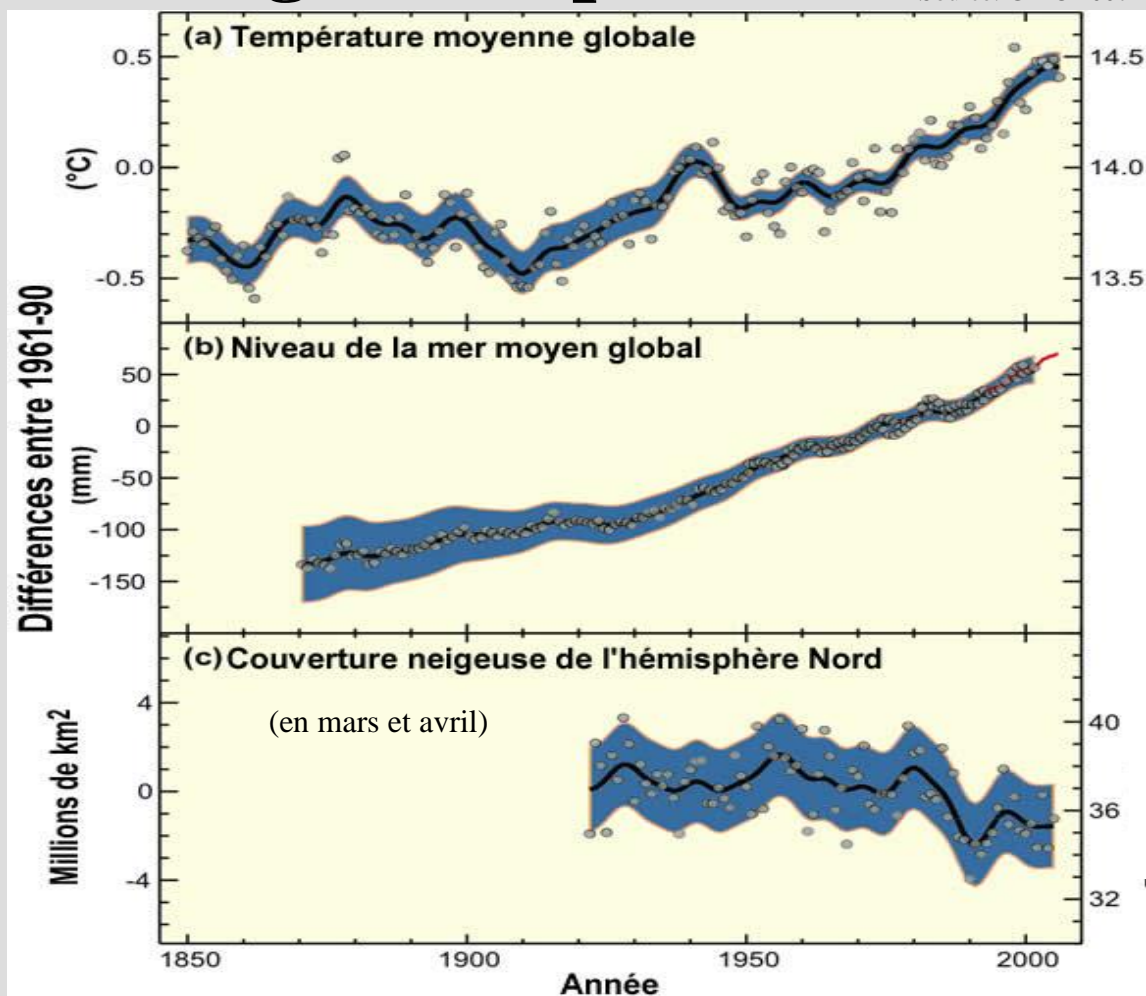


Évolution de la température, du niveau de la mer et de la couverture neigeuse depuis 1850

Source: GIEC 2007



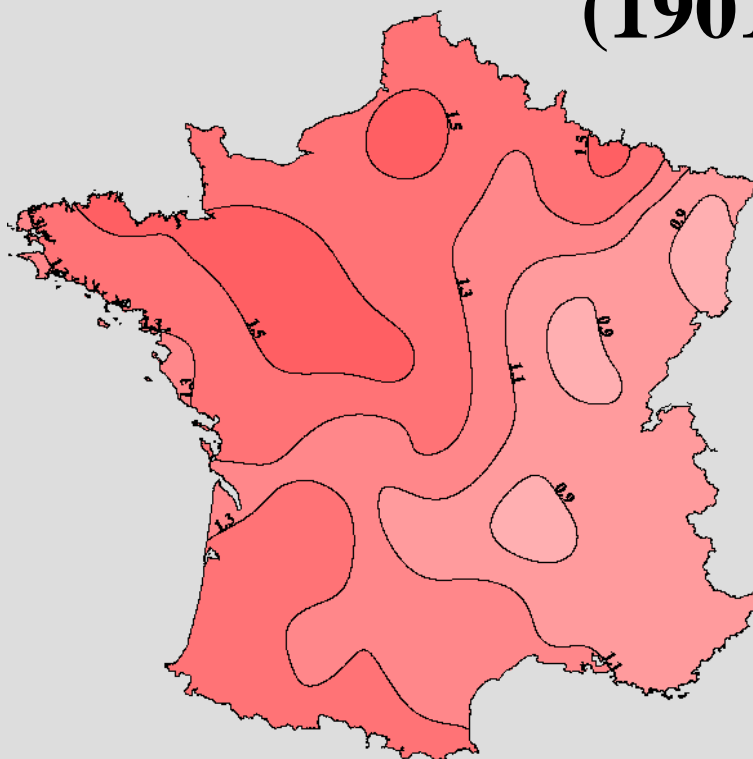
(photos: Agence Européenne de l'Environnement)



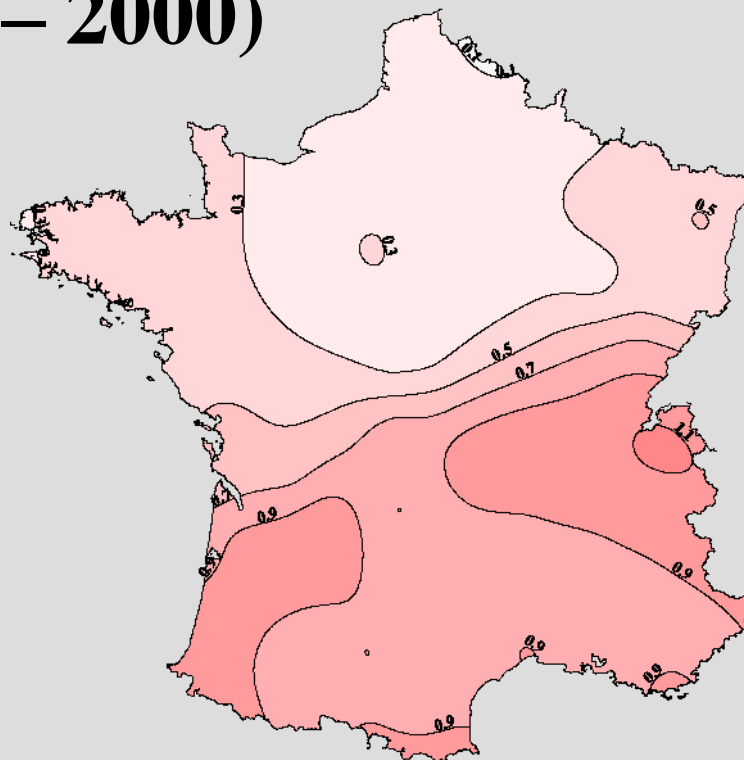
Les écarts sont calculés par rapport aux valeurs moyennes de la période 1961-1990



Variation régionale et saisonnière de l'évolution des températures en **France** (1901 – 2000)



**Températures
minimales**



**Températures
maximales**

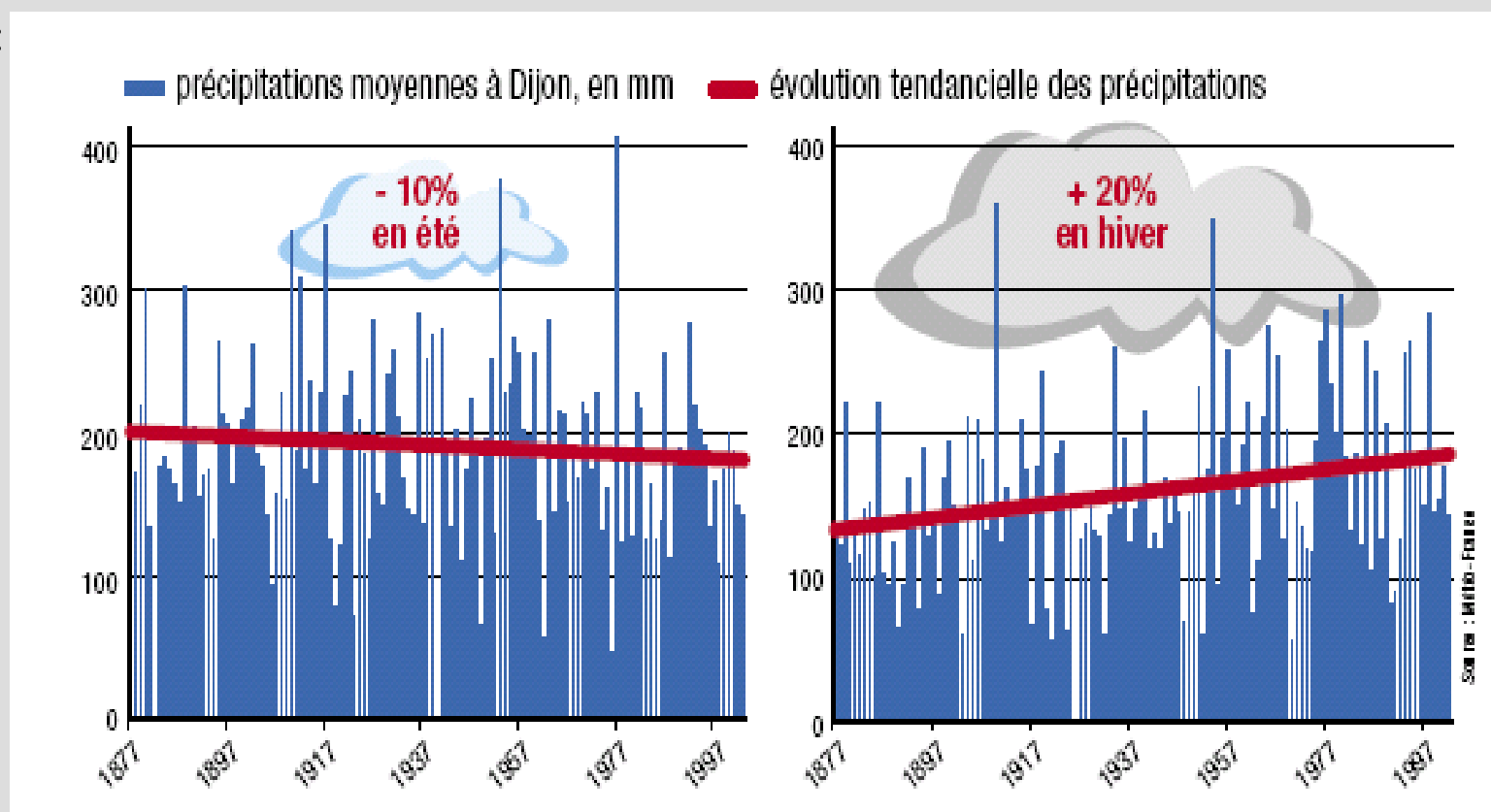
Source:
E. Bocrie;
Météo France
2006

Les températures minimales ont augmenté plus vite que les maximales, notamment sur le Nord-Ouest



Les précipitations ont augmenté de 10% en un siècle (il pleut plus l'hiver mais moins l'été)

Exemple:
Dijon



Cumul annuel de précipitations: rapport à la référence 1961-1990

PARAMÈTRE

Précipitations

PÉRIODE

Année

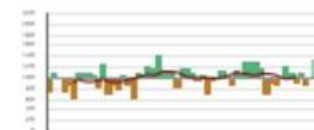
Hiver

Printemps

Été

Automne

? En savoir plus



Metz-Frescaty



Nancy-Essey



Nancy-Ochey



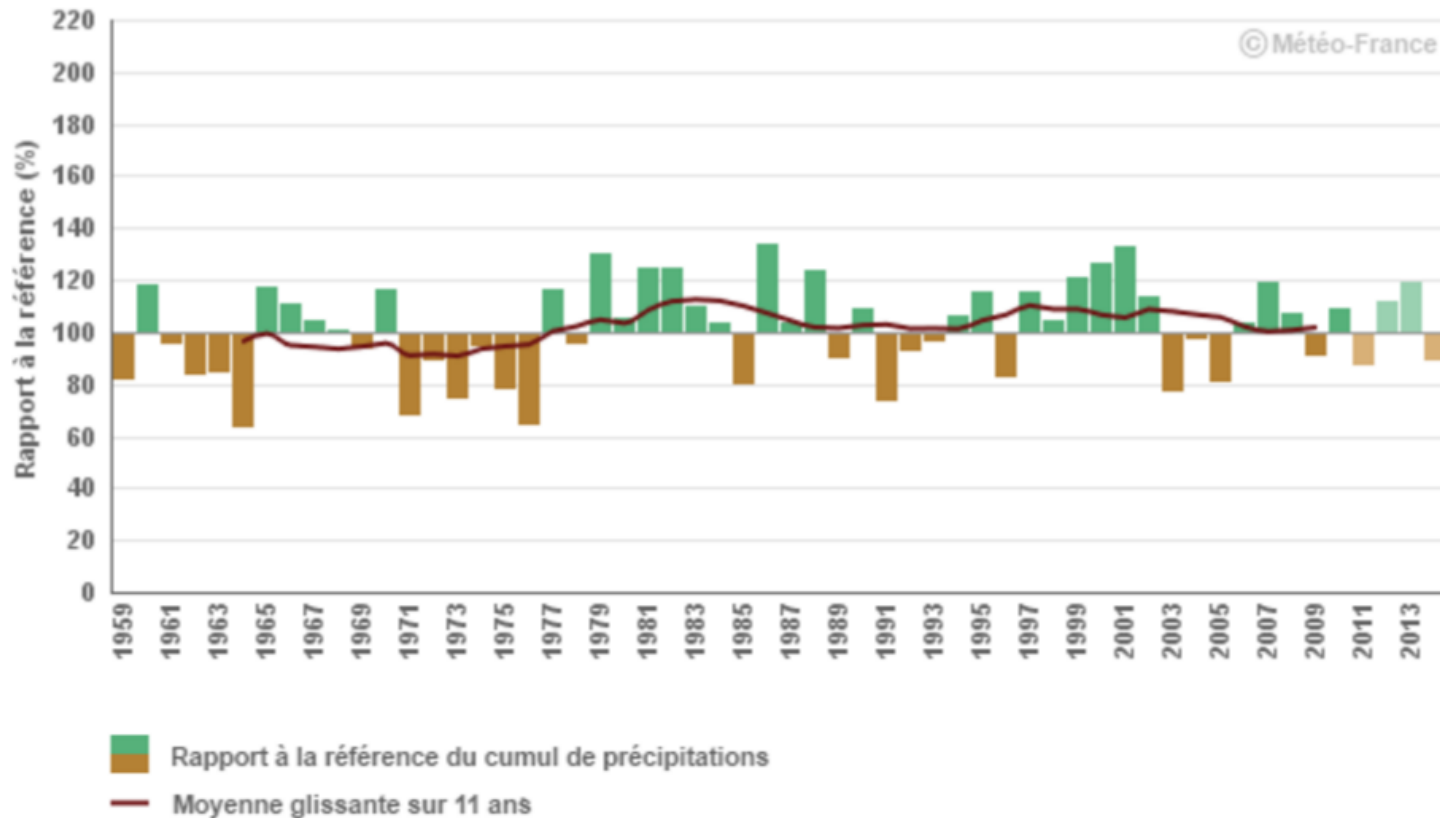
Epinal

En Lorraine, les précipitations annuelles présentent une grande variabilité qui se traduit par l'alternance de périodes plus sèches et de périodes plus humides. A titre d'exemple, la période 1999-2002 a été particulièrement humide alors que les périodes 1962-1964 et 1971-1976 font partie des plus sèches.

Sur la période 1959-2009, la tendance des précipitations annuelles montre une augmentation des cumuls. Cette évolution peut cependant varier selon la période considérée.

Cumul annuel de précipitations : rapport à la référence 1961-1990

Nancy-Essey



En savoir plus

En Lorraine, les précipitations annuelles présentent une grande variabilité qui se traduit par l'alternance de périodes plus sèches et de périodes plus humides. A titre d'exemple, la période 1999-2002 a été particulièrement humide alors que les périodes 1962-1964 et 1971-1976 font partie des plus sèches.

Sur la période 1959-2009, la tendance des précipitations annuelles montre une augmentation des cumuls. Cette évolution peut cependant varier selon la période considérée.



Un indicateur du réchauffement: la fonte des glaciers

1860

1960



Ed. Flammarion



Le Roi Ladurie

Le glacier d'Argentière (Alpes)

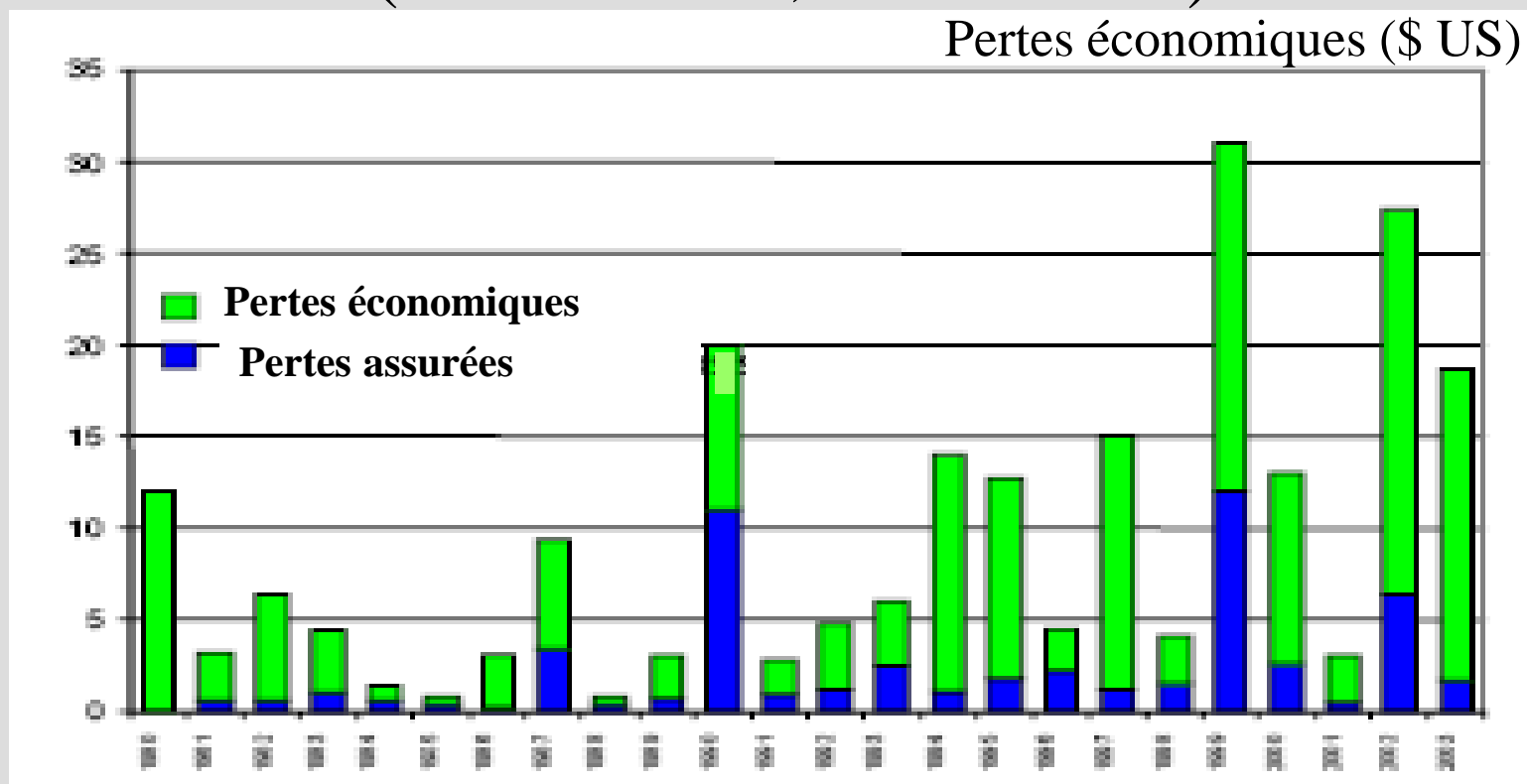
Sources: E. Bocrie, Météo France, 2006 (photos) et Agence Européenne de l'Environnement, 2004 (chiffres)

- Les glaciers alpins ont perdu un tiers de leur surface et la moitié de leur masse de 1850 à 1980
- De 1980 à 2000, ils ont perdu 20 à 30% de la glace restante et 10% de plus pendant l'été 2003



Pertes économiques dues aux extrêmes climatiques

(de 1980 à 2003, dans le monde)



Sources: compagnies d'assurances: Munich-Re, Swiss-Re, EMDAT (CRED)... par Agence Européenne de l'Environnement, 2004

- 64% des événements catastrophiques et 79% des coûts sont dus aux extrêmes climatiques
- Le nombre moyen annuel de catastrophes climatiques a doublé depuis 1990
- Les pertes économiques annuelles passent de 5 à 11 milliards de \$ US entre les décades 1980 et 1990
- 13 des 20 plus grandes catastrophes recensées se sont produites dans les 10 dernières années

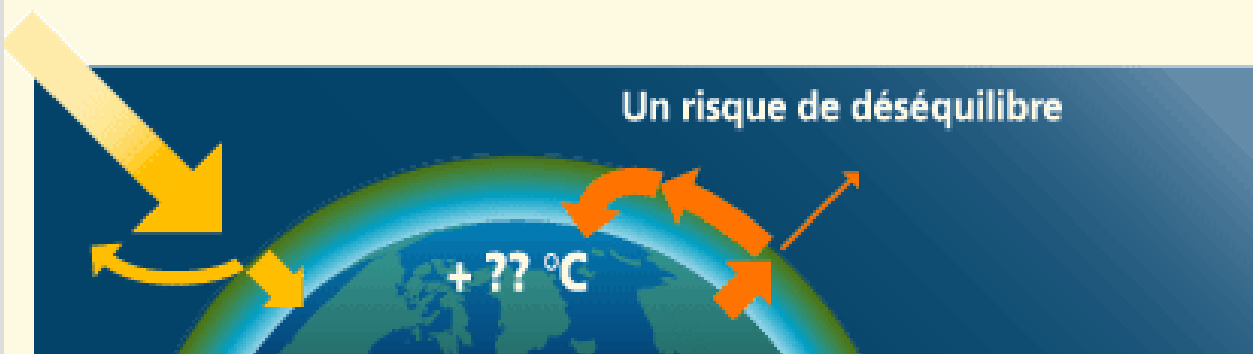


Les causes

- L'effet de serre
- Les gaz à effet de serre
- Une responsabilité humaine avérée



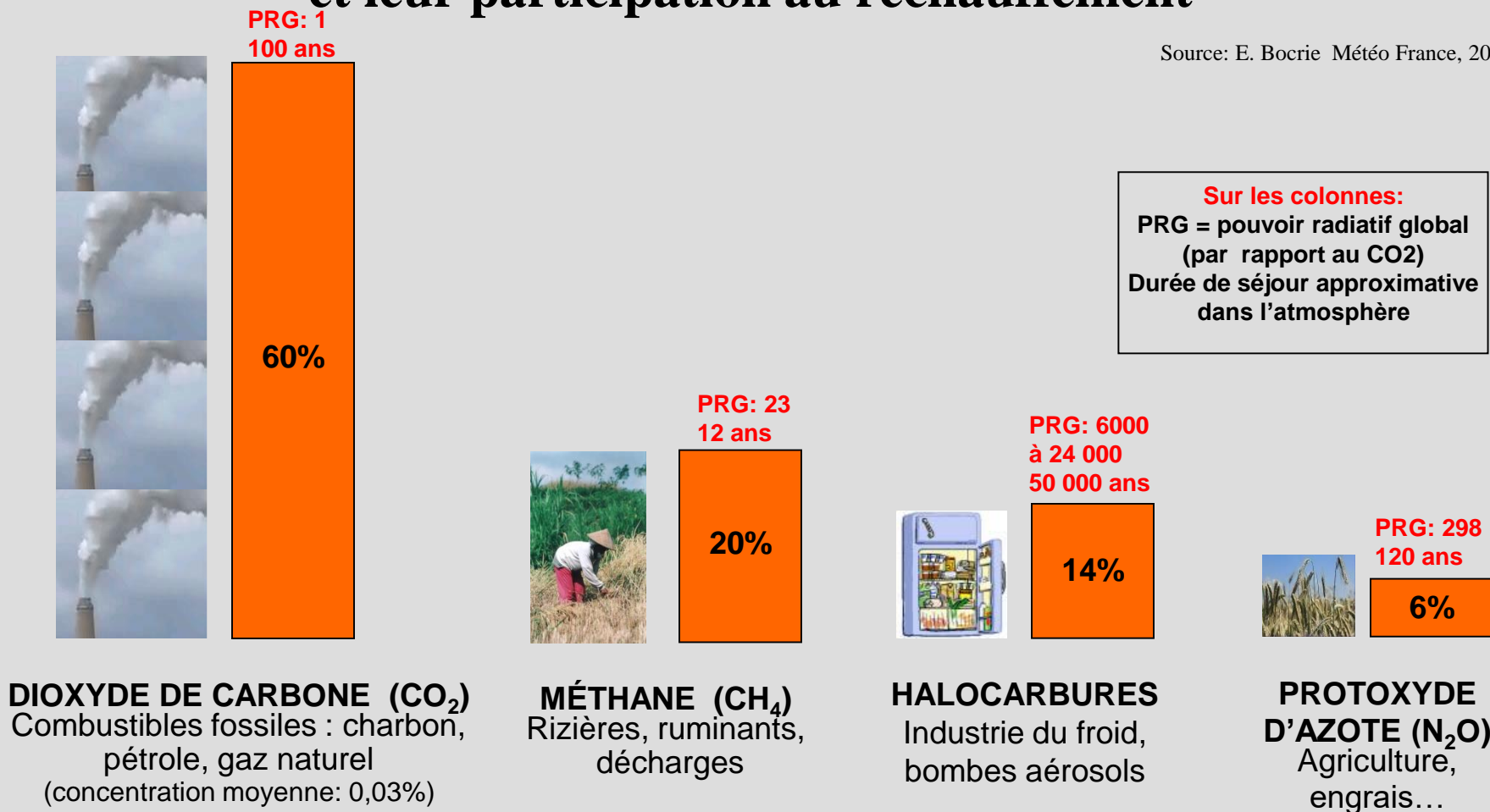
La cause du réchauffement: l'augmentation de l'effet de serre





Les gaz à effet de serre (hors vapeur d'eau et ozone) et leur participation au réchauffement

Source: E. Bocrie Météo France, 2006



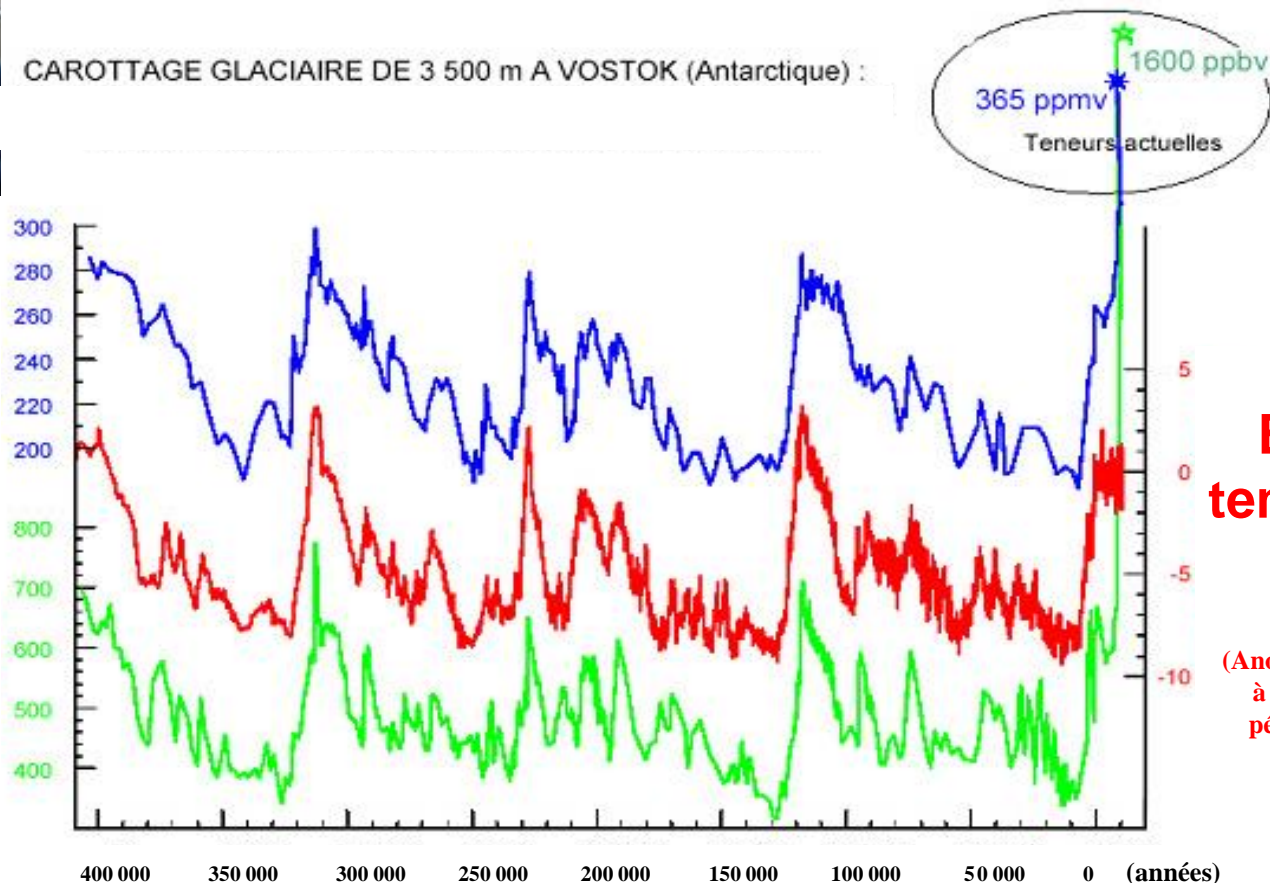
Le CO₂ est responsable de près des 2/3 de l'effet de serre



Évolution de la température, du CO₂ et du CH₄ sur 400 000 ans



CAROTTAGE GLACIAIRE DE 3 500 m A VOSTOK (Antarctique) :



CO₂
(ppmv)

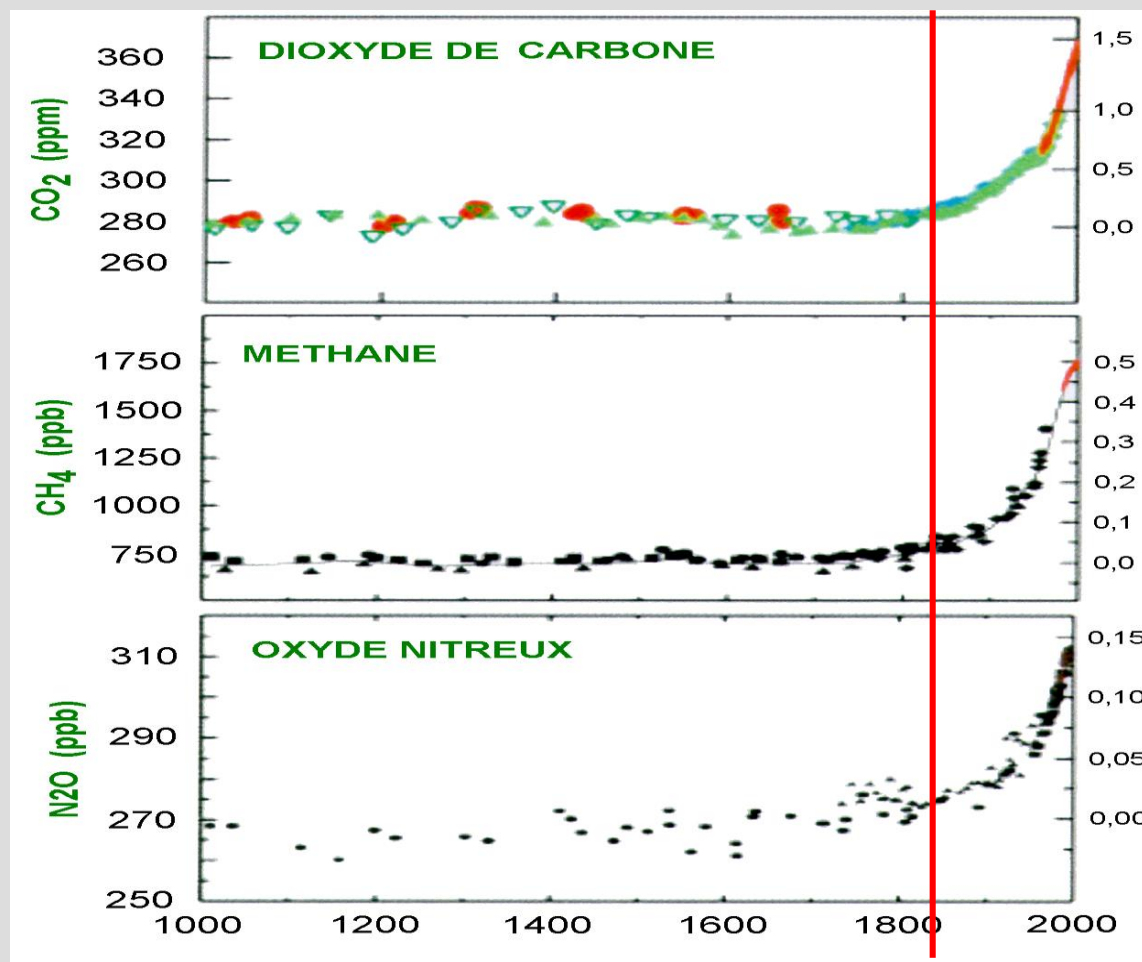
CH₄
(ppmv)

Source:
Petit *et al.*,
Nature V. 399
Juin 1999
Par E. Bocrie,
Météo France

L'évolution de la température terrestre suit fidèlement celle de la concentration des gaz à effet de serre



Évolution des gaz à effet de serre depuis 1000 ans

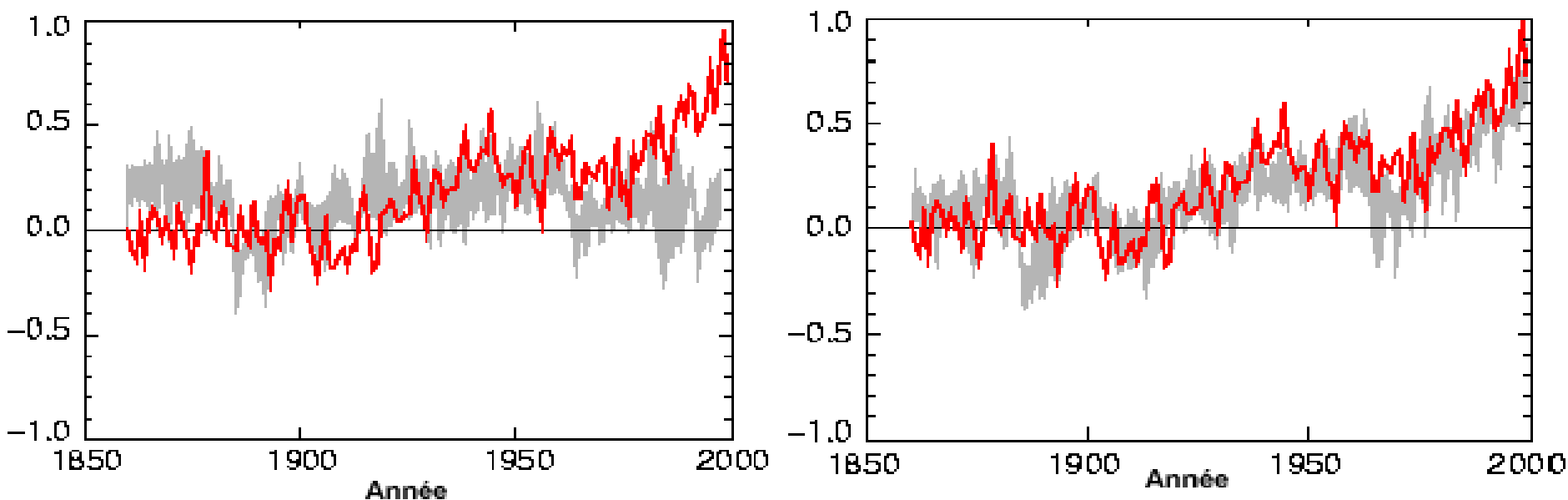


Source: GIEC 2001, par Météo France

On constate une accélération nette du rejet de gaz à effet de serre depuis 1850 (révolution industrielle)



L'influence des émissions humaines de gaz à effet de serre sur le réchauffement est avérée



**Modèle (en gris)
avec causes
naturelles seules:**
variabilité du climat; volcans;
rayonnement solaire

— modèle numérique
— observations (écarts
de température à la
moyenne 1961-1990)

**Modèle (en gris)
avec causes
naturelles et
humaines**

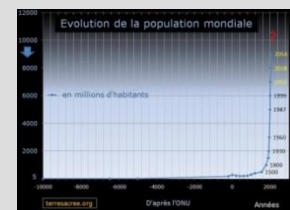
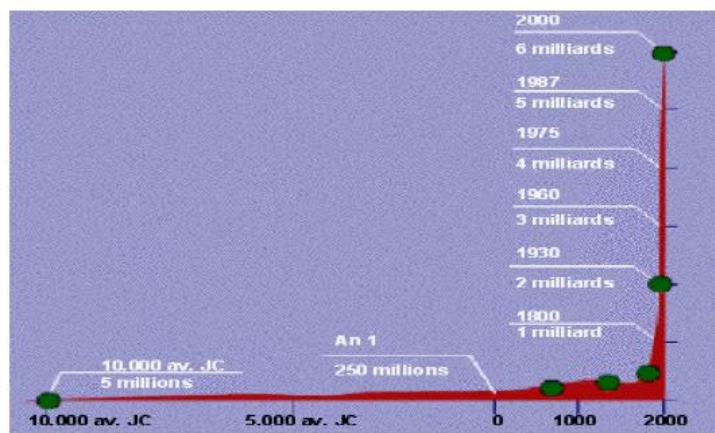
Source: GIEC 2001, par E. Bocrie, Météo France

Les modèles numériques traduisant l'augmentation de température ne sont satisfaisants que si l'on tient compte des émissions de GES d'origine humaine



Émissions de GES: jusqu'où?

Évolution de la population mondiale depuis le néolithique



- Environ **6 milliards de tonnes** équivalent carbone sont émises chaque année dans l'atmosphère (*les émissions étaient de 2,3 GteC en 1960*)
- Seules **3 milliards de tonnes** équivalent carbone sont absorbées par les puits de carbone (*océan : 76%, forêt : 24%*)
- **3 milliards de tonnes s'accumulent** donc chaque année dans l'atmosphère



La forêt face aux changements climatiques

- 1 - Climat : des constatations alarmantes
- 2 - Climat : quelles évolutions attendre?

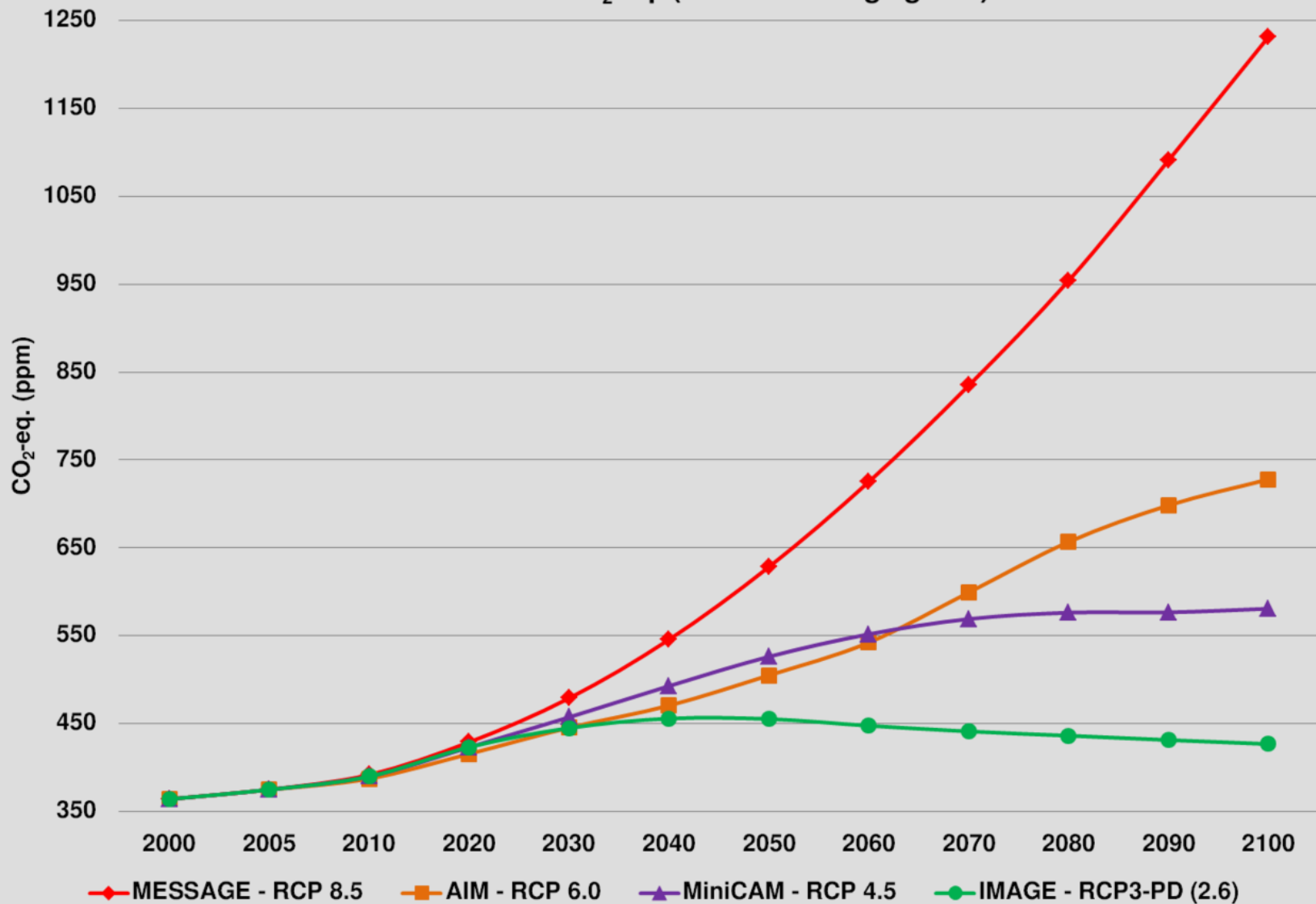


Les émissions de GES

- Les scénarios du GIEC
- Les conséquences de l'augmentation des émissions



Concentration - CO₂-eq. (incl. all forcing agents)





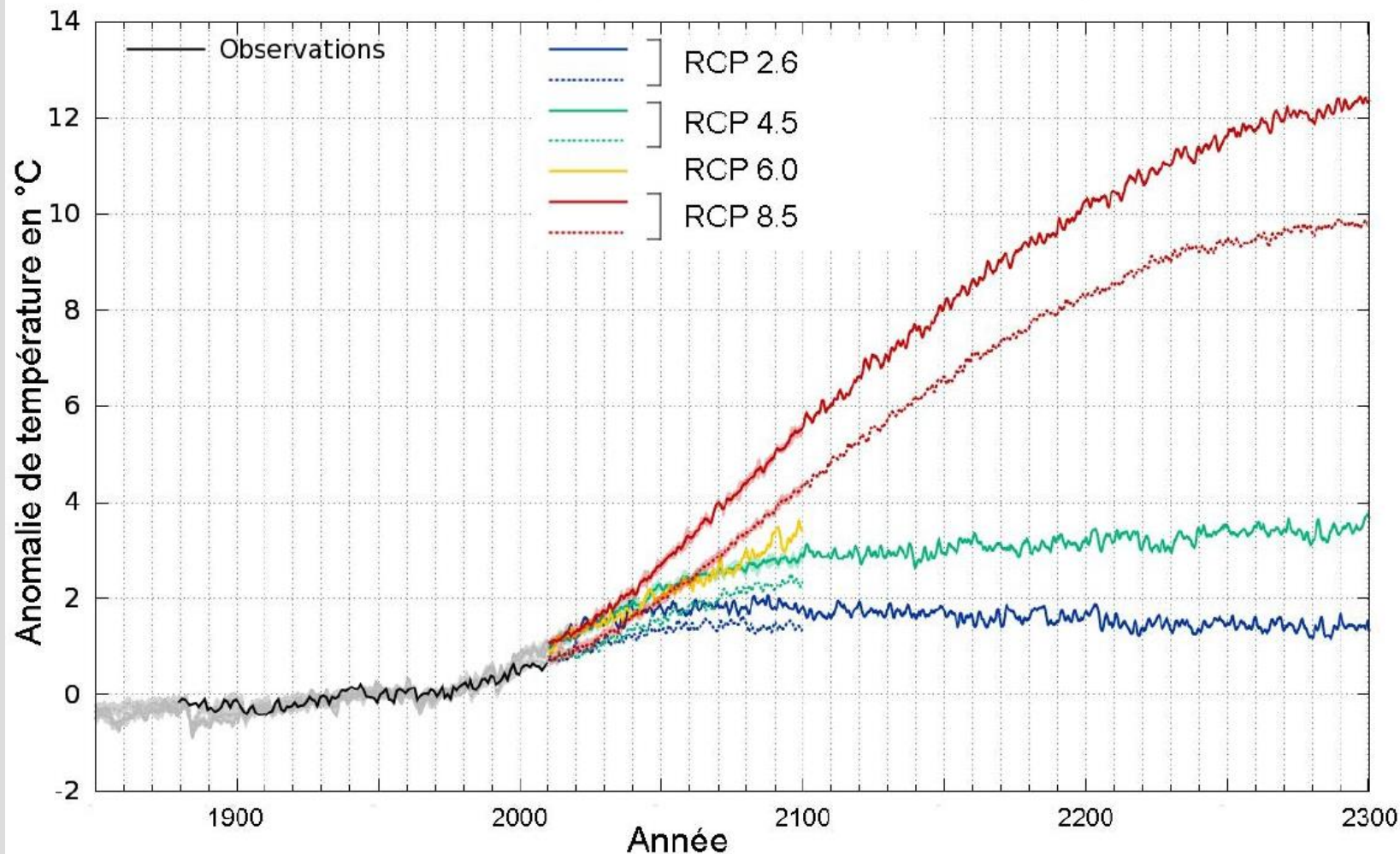
Les températures

- Forte augmentation des températures
- Répartition géographique (globe, France)
- Influence des saisons (France)
- Événements extrêmes (canicules)



Les nouveaux scénarios RCP

Anomalies de la température de l'air proche de la surface (°C)



Anomalie de température moyenne quotidienne : écart entre la période considérée et la période de référence [°C], Météo-France/CNRM2014 : modèle Aladin de Météo-France

Moyenne annuelle

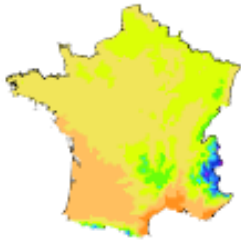
Scénarios d'émissions Référence (1976-2005)

Horizon proche (2021-2050)

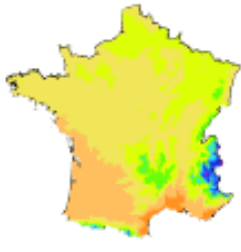
Horizon moyen (2041-2070)

Horizon lointain (2071-2100)

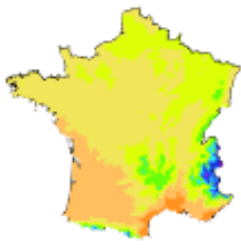
Scénario RCP2.6



Scénario RCP4.5



Scénario RCP8.5

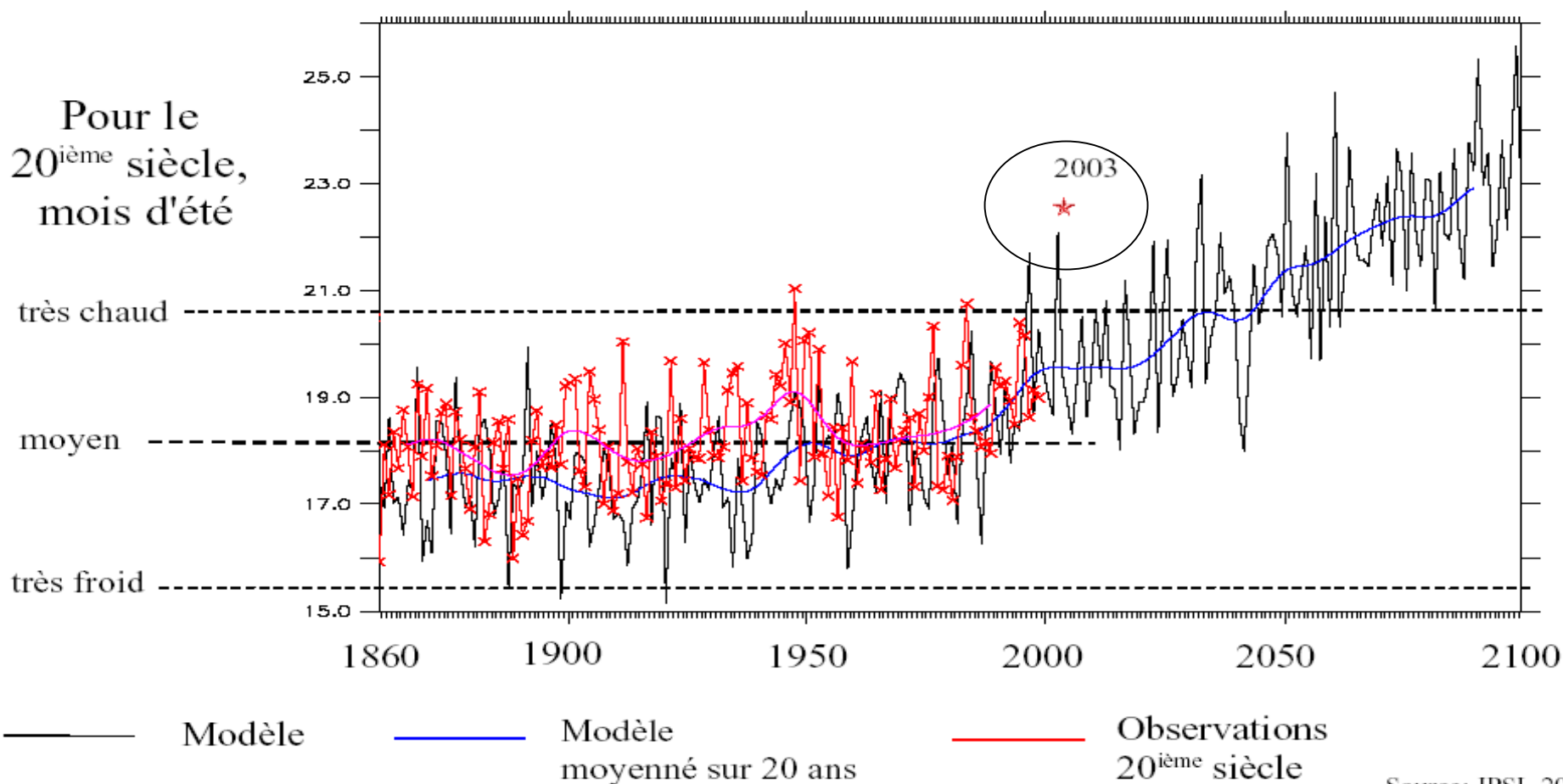




La température d'été en **France** (1860-2100)

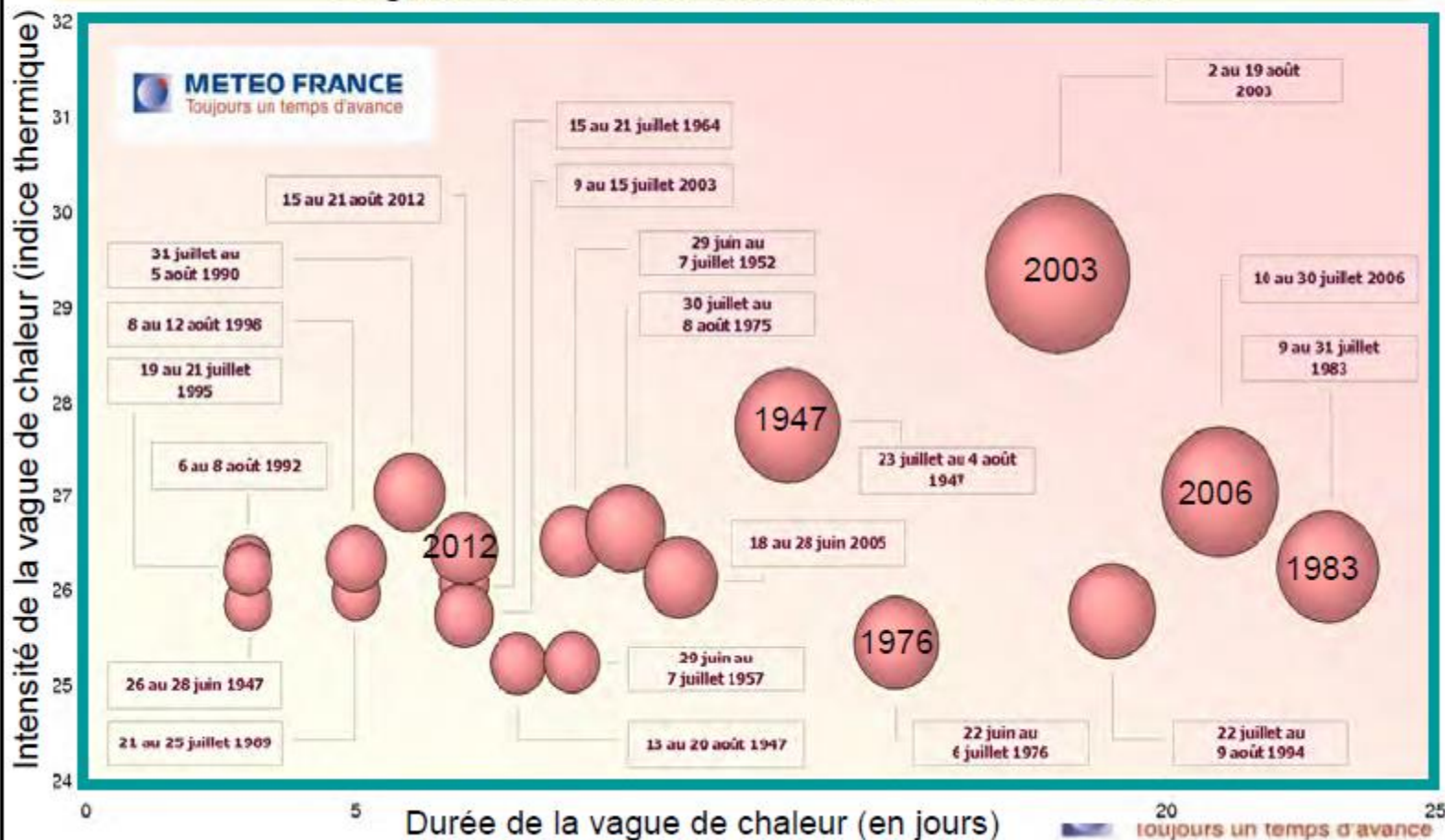
L'été 2003 serait un été moyen en 2070

(modèle de l'IPSL, scénario SRES A2, sans aérosols)



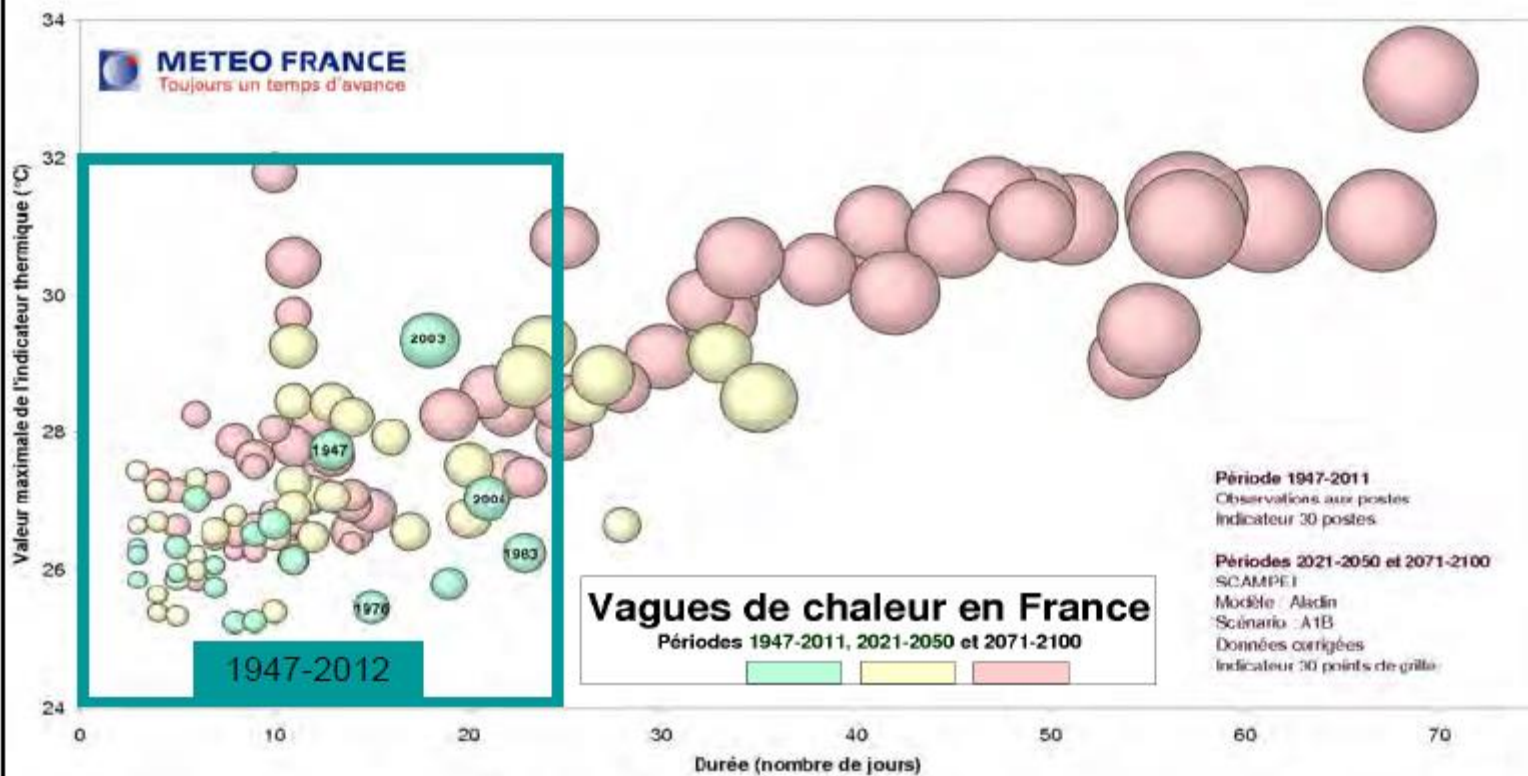


L'évolution des extrêmes Vagues de chaleur en France – 1947-2012





Adaptation : ce qui nous attend probablement



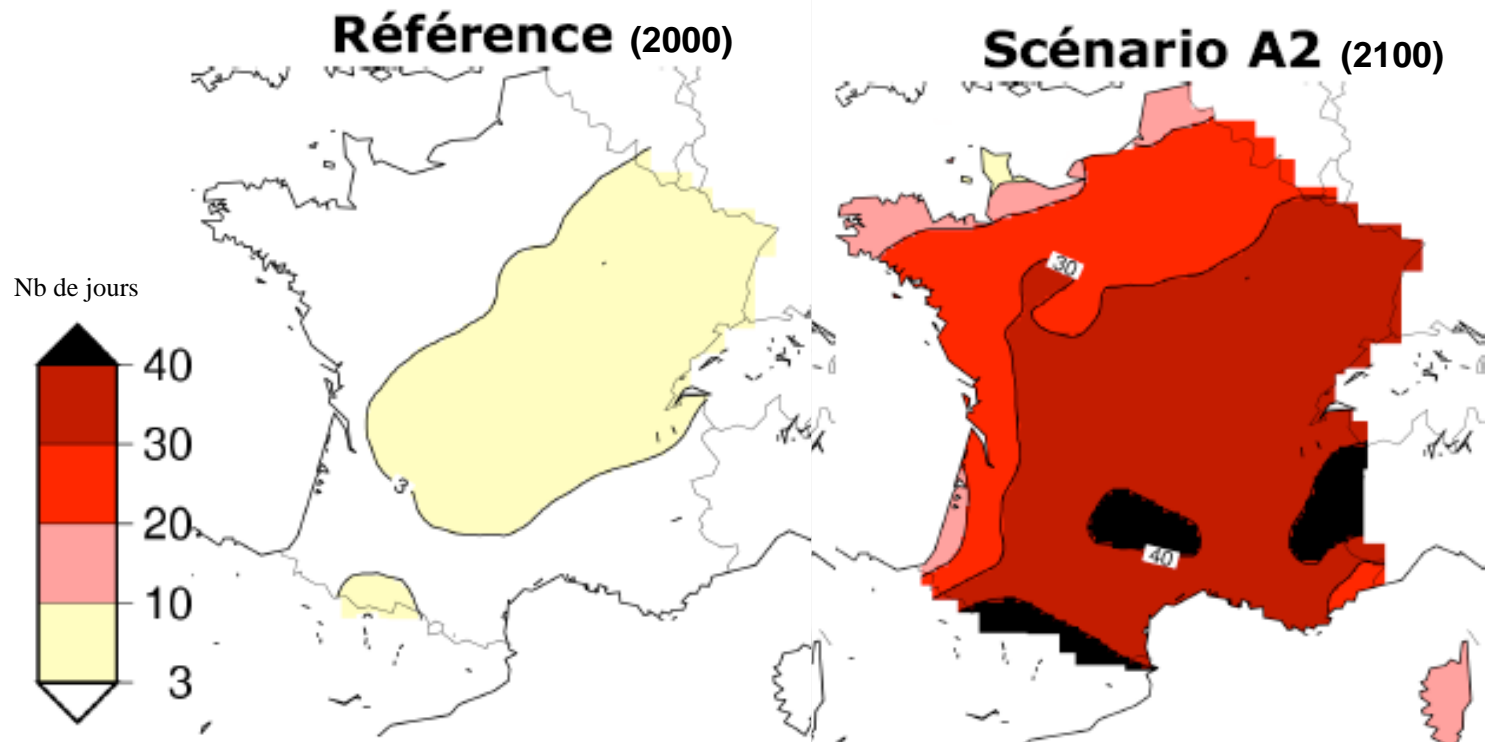
La surface des sphères symbolise l'intensité globale des vagues de chaleur, les sphères les plus grandes correspondant aux vagues de chaleur les plus sévères



Conséquences extrêmes du réchauffement



Nombre de jours de canicule estivale ($T > 35^{\circ}\text{C}$)





Climat passé

Climat futur

LORRAINE

Les tendances des évolutions du climat au XXI^e siècle

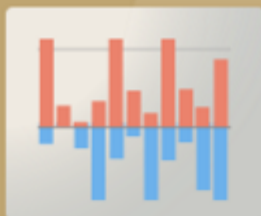
- Poursuite du réchauffement au cours du XXI^e siècle en Lorraine, quel que soit le scénario
- Selon le scénario sans politique climatique, le réchauffement pourrait atteindre près de 4°C à l'horizon 2071-2100 par rapport à la période 1976-2005
- Peu d'évolution des précipitations annuelles au XXI^e siècle
- Poursuite de la diminution du nombre de jours de gel et de l'augmentation du nombre de journées chaudes, quel que soit le scénario
- Assèchement des sols de plus en plus marqué au cours du XXI^e siècle en toute saison

Lorraine

Autre région



Températures



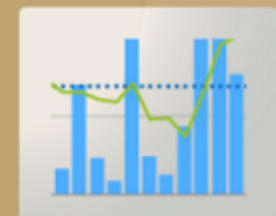
Précipitations



Phénomènes

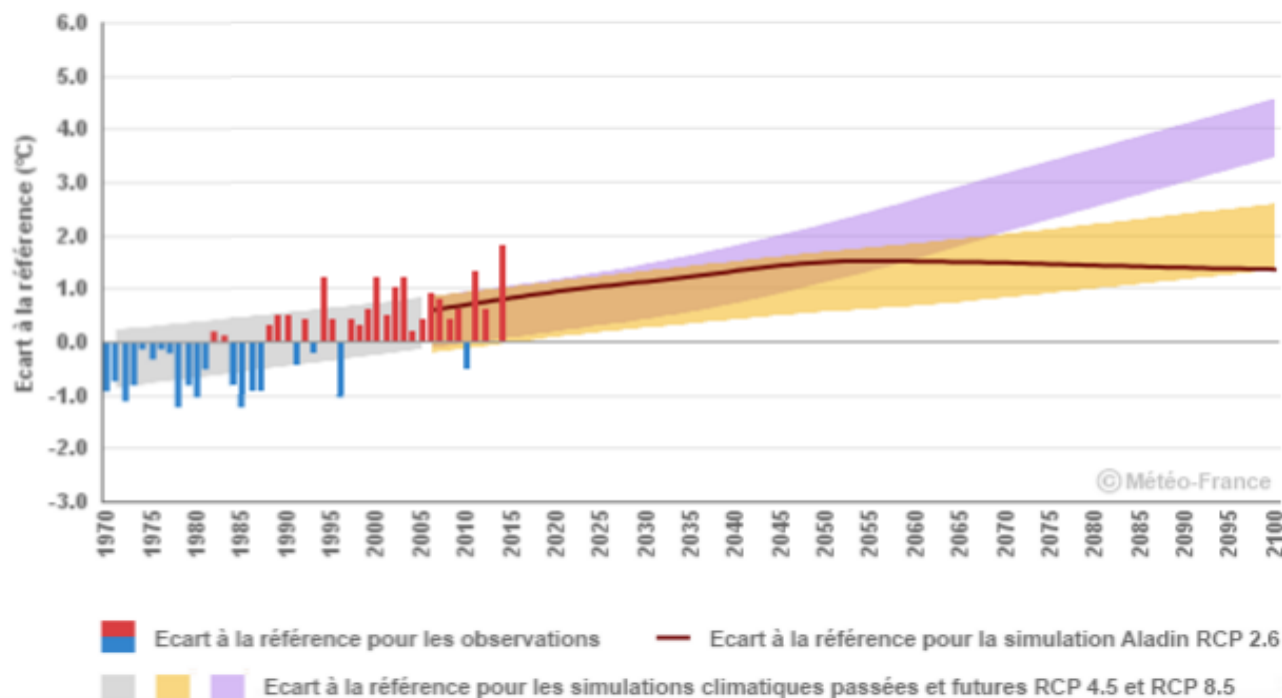


Impacts



Une hausse des températures au cours du XXI^e siècle, quel que soit le scénario

Température moyenne annuelle en Lorraine : écart à la référence 1976-2005
Observations et simulations climatiques pour trois scénarios d'évolution RCP 2.6, 4.5 et 8.5



En Lorraine, les projections climatiques montrent une poursuite du réchauffement annuel jusqu'aux années 2050, quel que soit le scénario.

Sur la seconde moitié du XXI^e siècle, l'évolution de la température moyenne annuelle diffère significativement selon le scénario considéré. Le seul qui stabilise le réchauffement est le scénario RCP2.6 (lequel intègre une politique climatique visant à faire baisser les concentrations en CO₂). Selon le RCP8.5 (scénario sans politique climatique), le réchauffement pourrait atteindre près de 4°C à l'horizon 2071-2100.

Moyenne

Année

Hiver

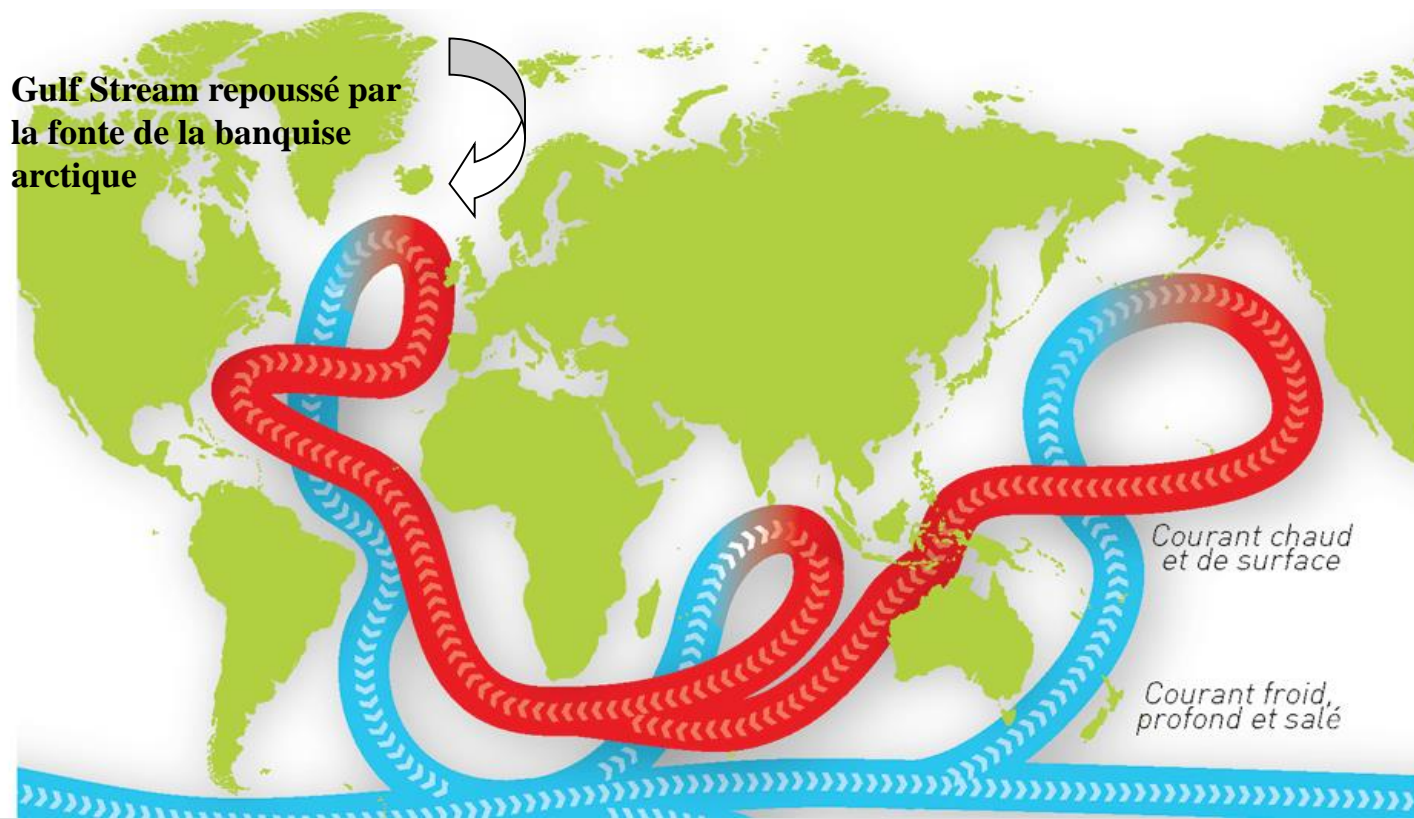
Été

[? En savoir plus](#)



L'hypothèse de la déviation du Gulf stream par la fonte de la banquise polaire

Cette hypothèse n'est pas exclue (réduction vraisemblable de la circulation thermohaline au XXI^e siècle de -25% d'après le GIEC, 2007). Mais les météorologues considèrent une transition importante et subite comme très improbable. Ce phénomène ne remet pas en cause l'évolution globale mais pourrait atténuer ses effets sur l'Atlantique nord





Les précipitations

- Évolution globale
- Répartition régionale et saisonnière (France)
- Événements extrêmes (sécheresses, inondations)

Anomalie du cumul de précipitations : écart entre la période considérée et la période de référence [mm], Météo-France/CNRM2014 : modèle Aladin de I

Moyenne annuelle

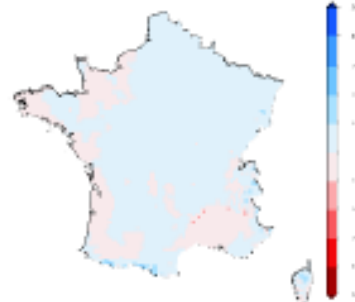
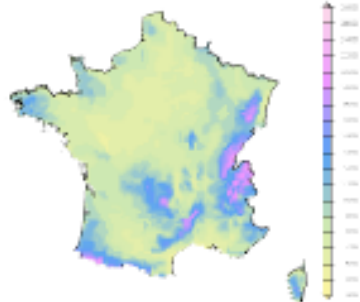
Scénarios d'émissions Référence (1976-2005)

Horizon proche (2021-2050)

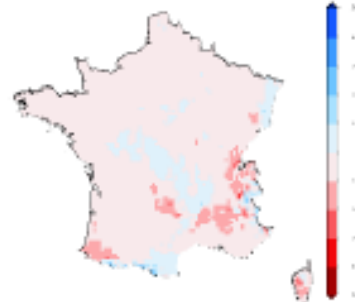
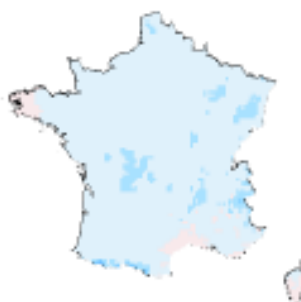
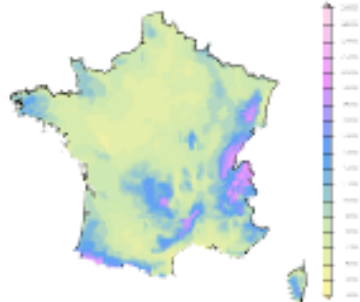
Horizon moyen (2041-2070)

Horizon lointain (2071-2100)

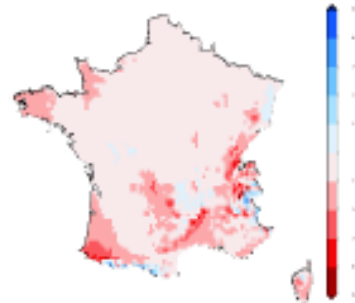
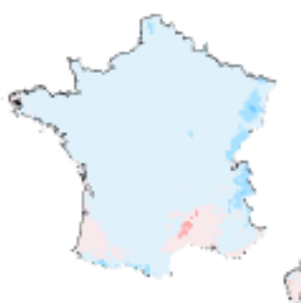
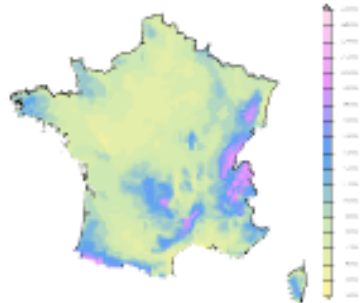
Scénario RCP2.6



Scénario RCP4.5



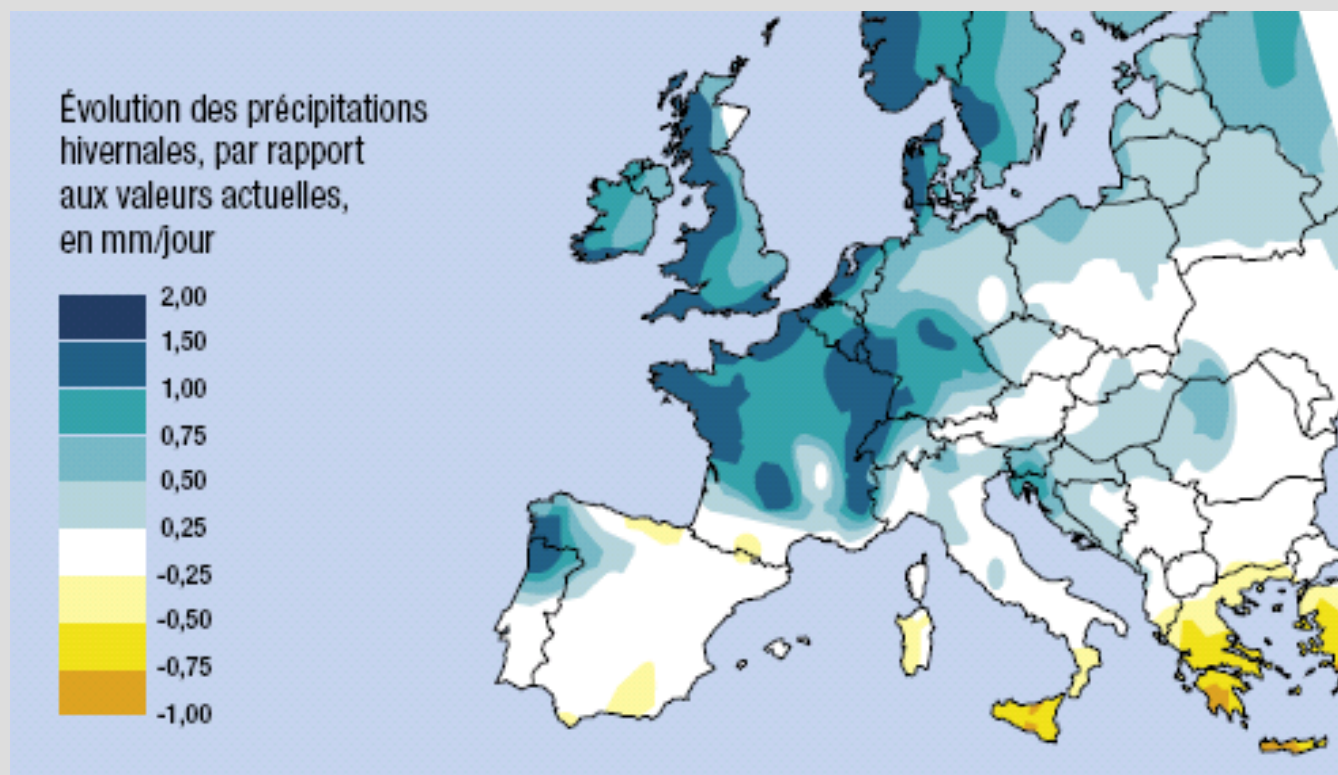
Scénario RCP8.5





L'hiver en Europe au siècle prochain

Évolution des précipitations en 2100



Source: Météo France, d'après le scénario A2 du GIEC, par OREB-2005



Simulation d'évolution régionale 2000-2100



Scénario A2 du GIEC

Précipitations

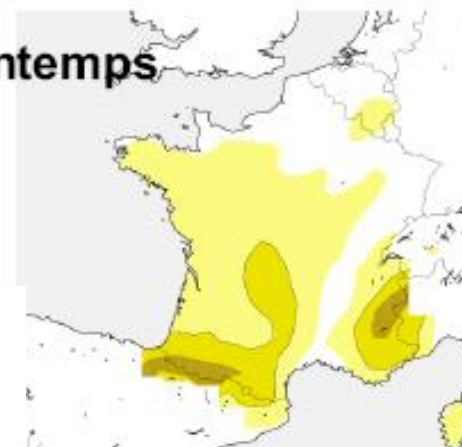
Variation des précipitations entre 2000 et 2100 en mm/j



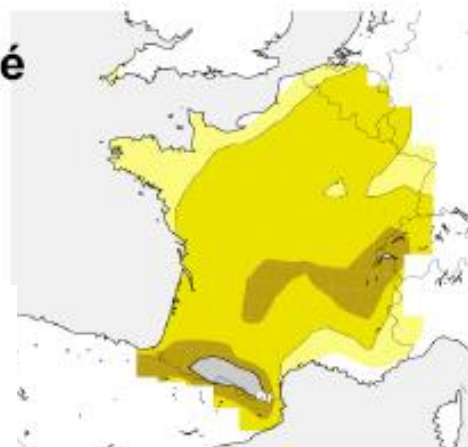
hiver



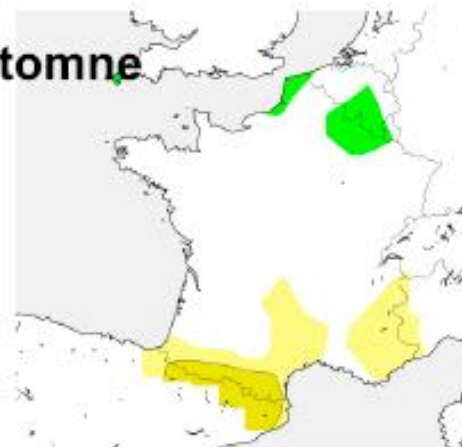
printemps



été



automne

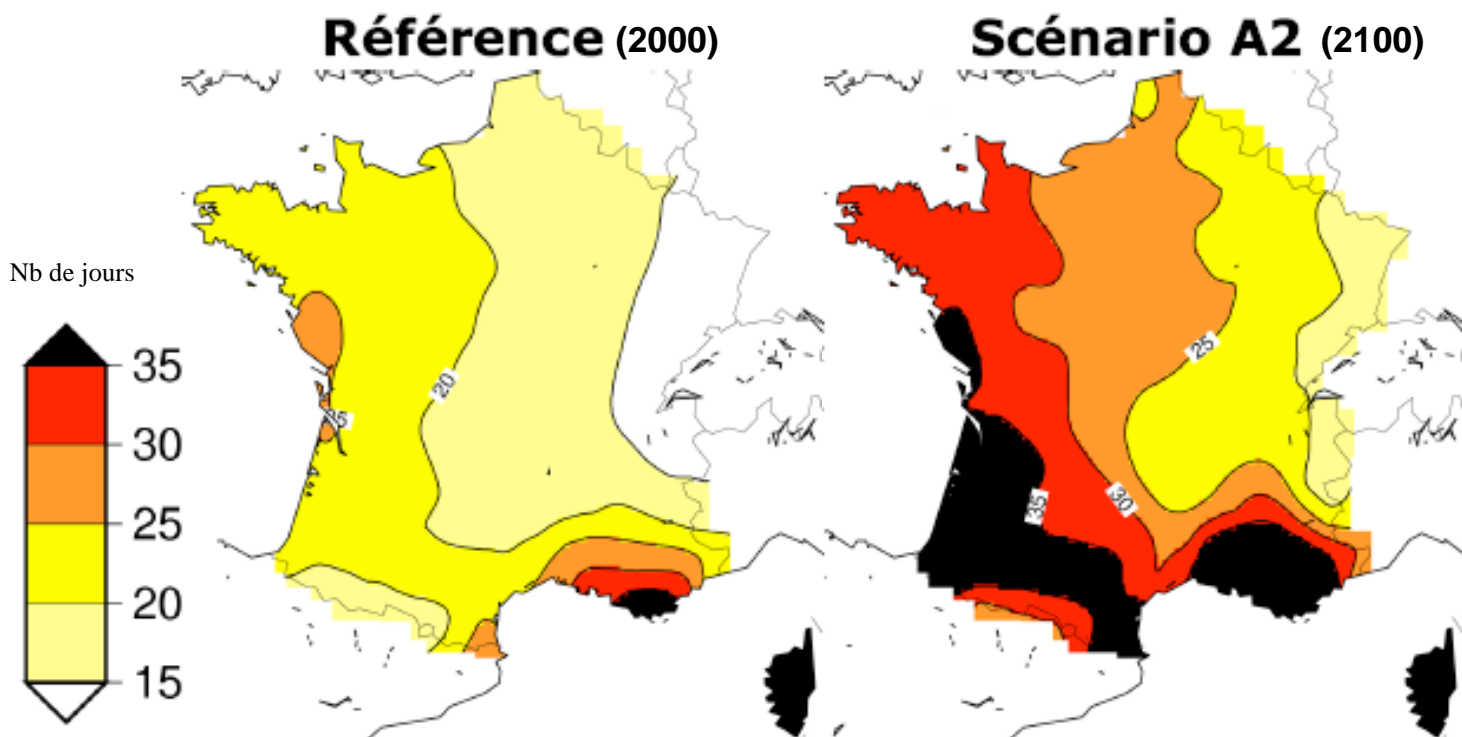




Conséquences extrêmes du réchauffement :



Durée maximum sans pluie en été

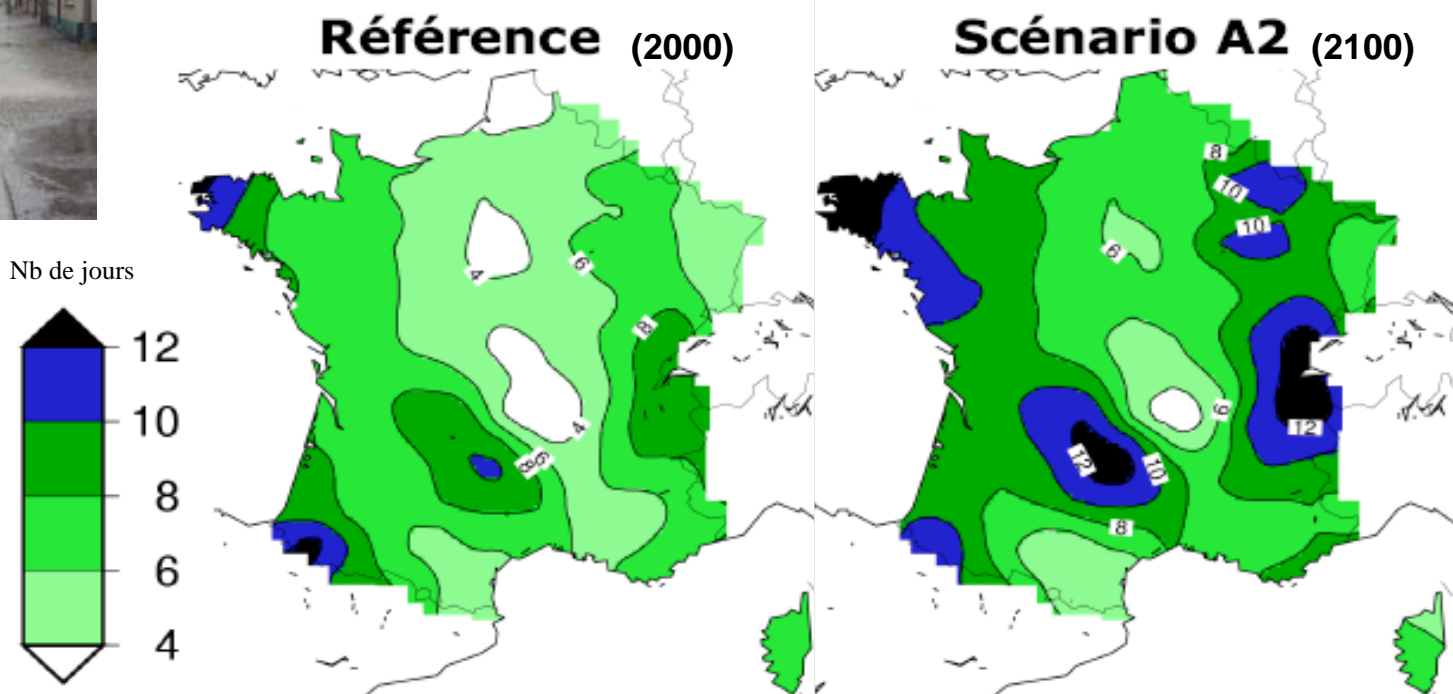




Conséquences extrêmes du réchauffement : inondations



Nombre de jours par hiver avec fortes pluies ($P > 20\text{mm/j}$)



Précipitations

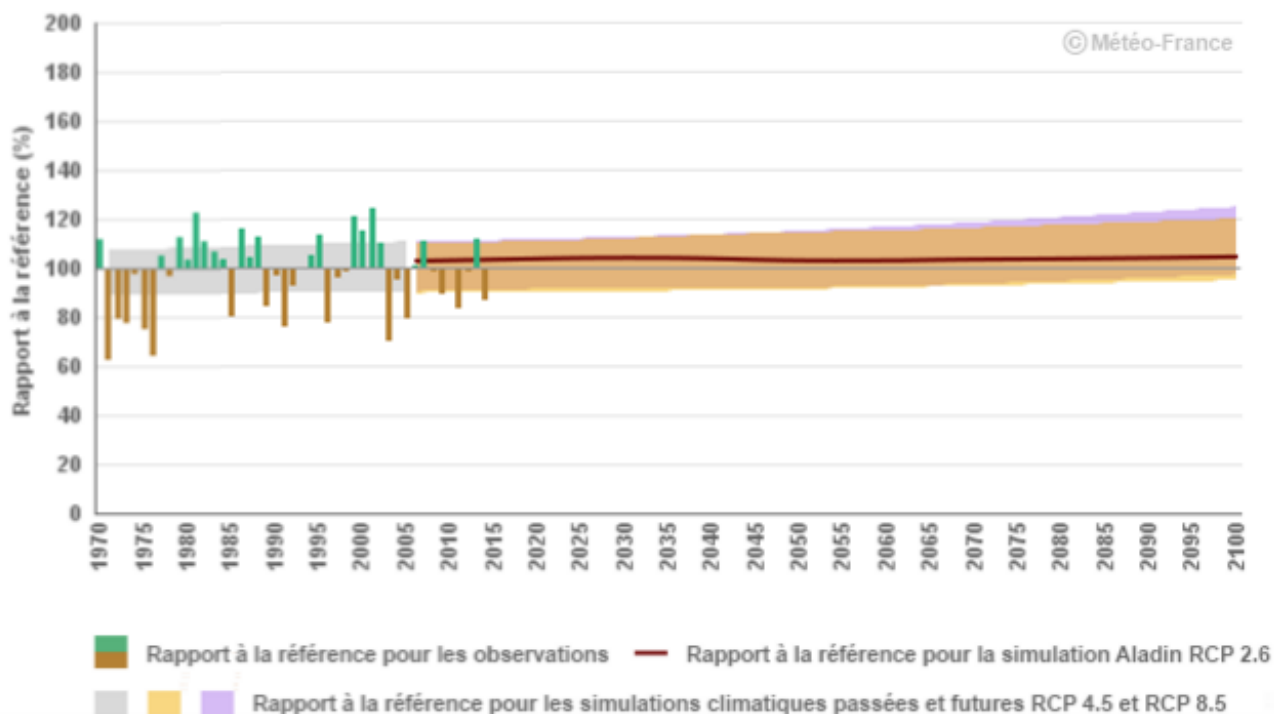
Année

Hiver

Été

Cumul annuel de précipitations en Lorraine : rapport à la référence 1976-2005

Observations et simulations climatiques pour trois scénarios d'évolution RCP 2.6, 4.5 et 8.5



En Lorraine, quel que soit le scénario considéré, les projections climatiques montrent peu d'évolution des précipitations annuelles d'ici la fin du XXI^e siècle.

[? En savoir plus](#)



Climat : évolutions attendues à l'horizon 2100 (résumé)

Source: GIEC 2001 et 2007 + divers

Taux de CO₂ ↗	Source anthropique confirmée; grande inertie
Température ↗	+ 1,1 à 6,4 °C (GIEC 2007); mais + 3 à 6 °C en Europe
Précipitations ↗	aux latitudes moyennes, mais surtout en hiver; avec des sécheresses estivales
Déplacement des zones de végétation	400 à 800 km vers le nord ; 300 à 600 m en altitude (MIES) disparitions d'espèces
Incendies naturels ↗	liés aux sécheresses estivales
Tempêtes ↗	plus discuté (cyclones tropicaux; tempêtes en Europe?)
Niveau des mers ↗	+ 20 à 60 cm ; submersion possible de régions entières
Fonte des glaces ↗	couche neigeuse, pergélisol, glaciers, calottes polaires



La forêt face aux changements climatiques

- 1 - Climat : des constatations alarmantes
- 2 - Climat : quelles évolutions attendre?
- 3 - Conséquences sur les arbres et la forêt



La phénologie

- Les stades phénologiques (débourrement, mise à fruit, chute des feuilles...) sont modifiés
- La saison de végétation s'allonge
- Plus ou moins de risque de gel ?
- Les cycles phénologiques peuvent être désynchronisés entre espèces interdépendantes (végétaux/insectes/oiseaux...)

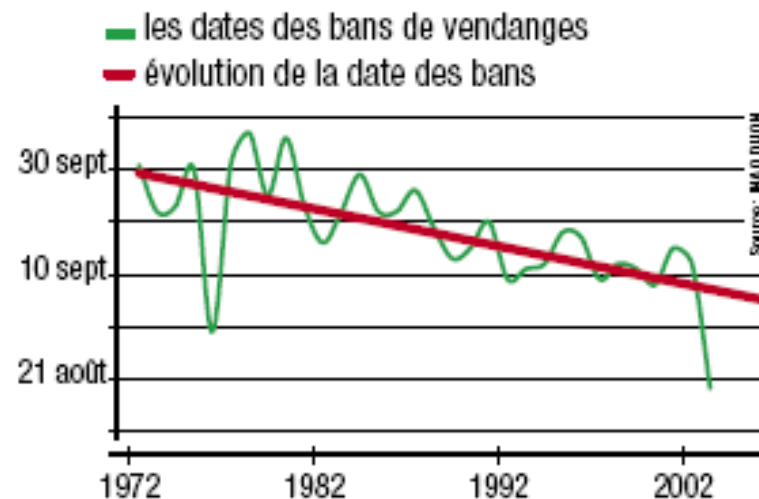
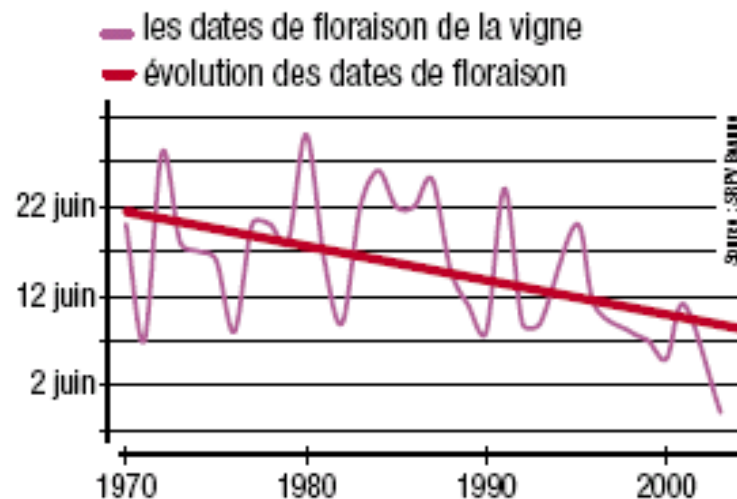


Un exemple : la vigne



OREB / CR

Depuis 1970, la date de floraison de la vigne s'est avancée de 12 jours en Côte-d'Or, et la date des vendanges de 23 jours.





Viticulture et changements climatiques

Panique dans les grands crus !

Le vignoble en 2100



Source: Daoudal,
Science et Avenir,
par Pennequin,
DIACT, 2007



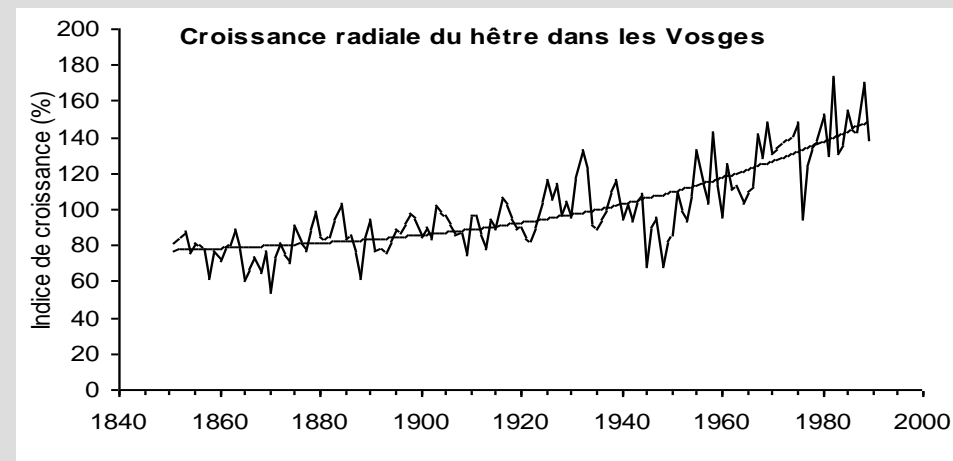
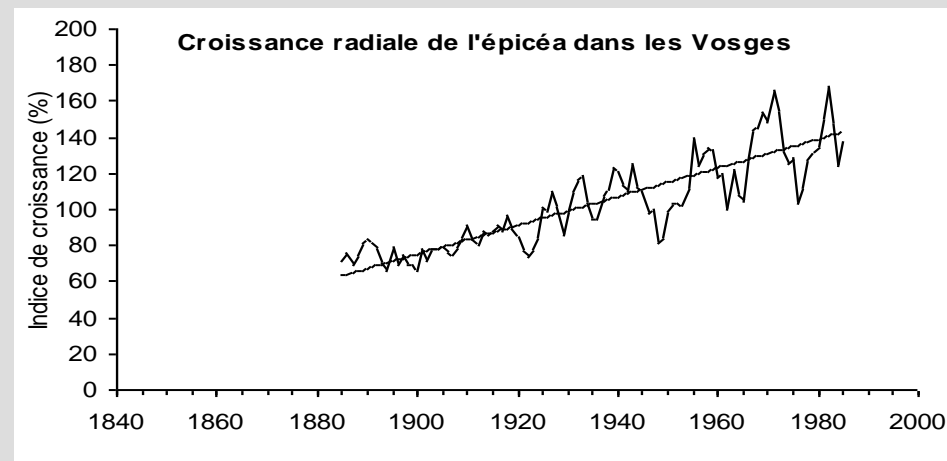
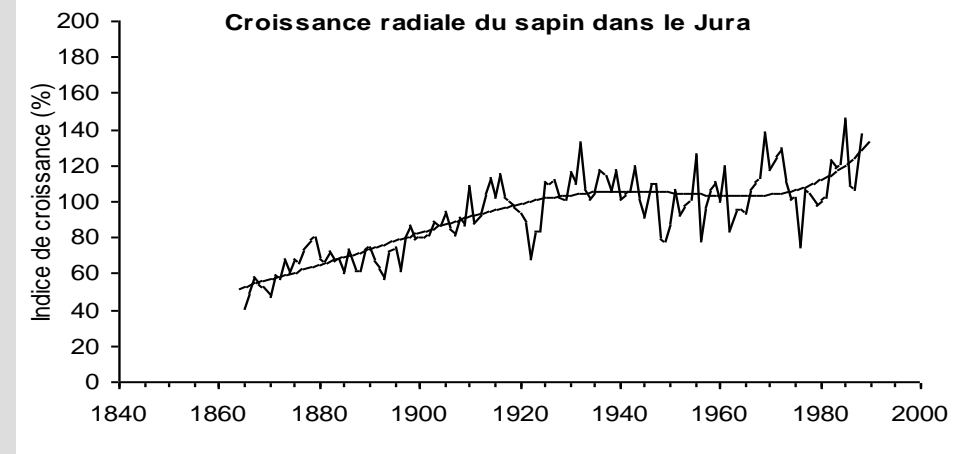
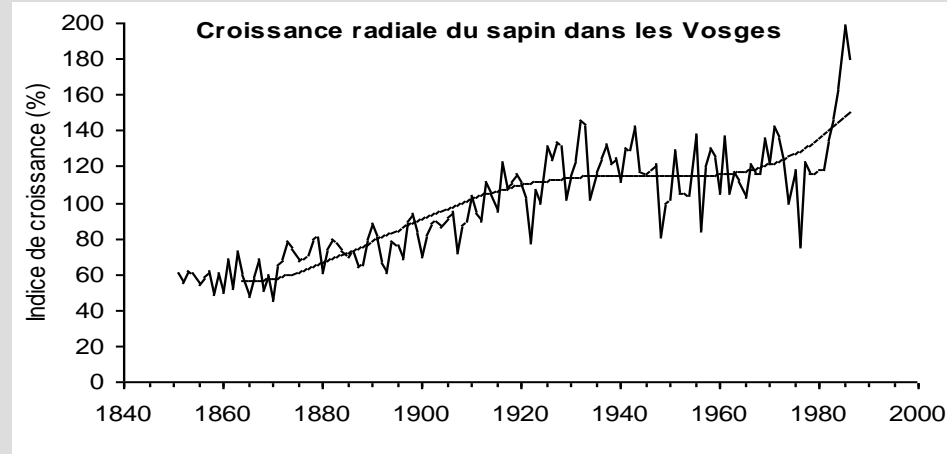
La production

- Une augmentation générale au XX^e siècle
- Une réduction probable au XXI^e siècle ?



Augmentation de la croissance de 1850 à 2000

Source : INRA, Becker *et al.* - 1994



Évolution constatée sur un siècle : exemple du hêtre (Bontemps *et al.*, Inra 2005)

- Les durées de révolution sont diminuées de 40% (le diamètre 60 cm est atteint à 90 au lieu de 150 ans)
- À l'âge de 65 ans, les hauteurs sont augmentées de 4 m



La production : plus dure sera la chute ?

Des questions délicates :

- **Jusqu'à quand perdurera l'augmentation de production ?**
- **Plus longtemps au Nord qu'au Sud ?**
- **La chute ne se produira sans doute pas au même moment selon les essences...**
- **Se fera-t-elle progressivement ou par à coups (cf. sécheresse 2003)?**

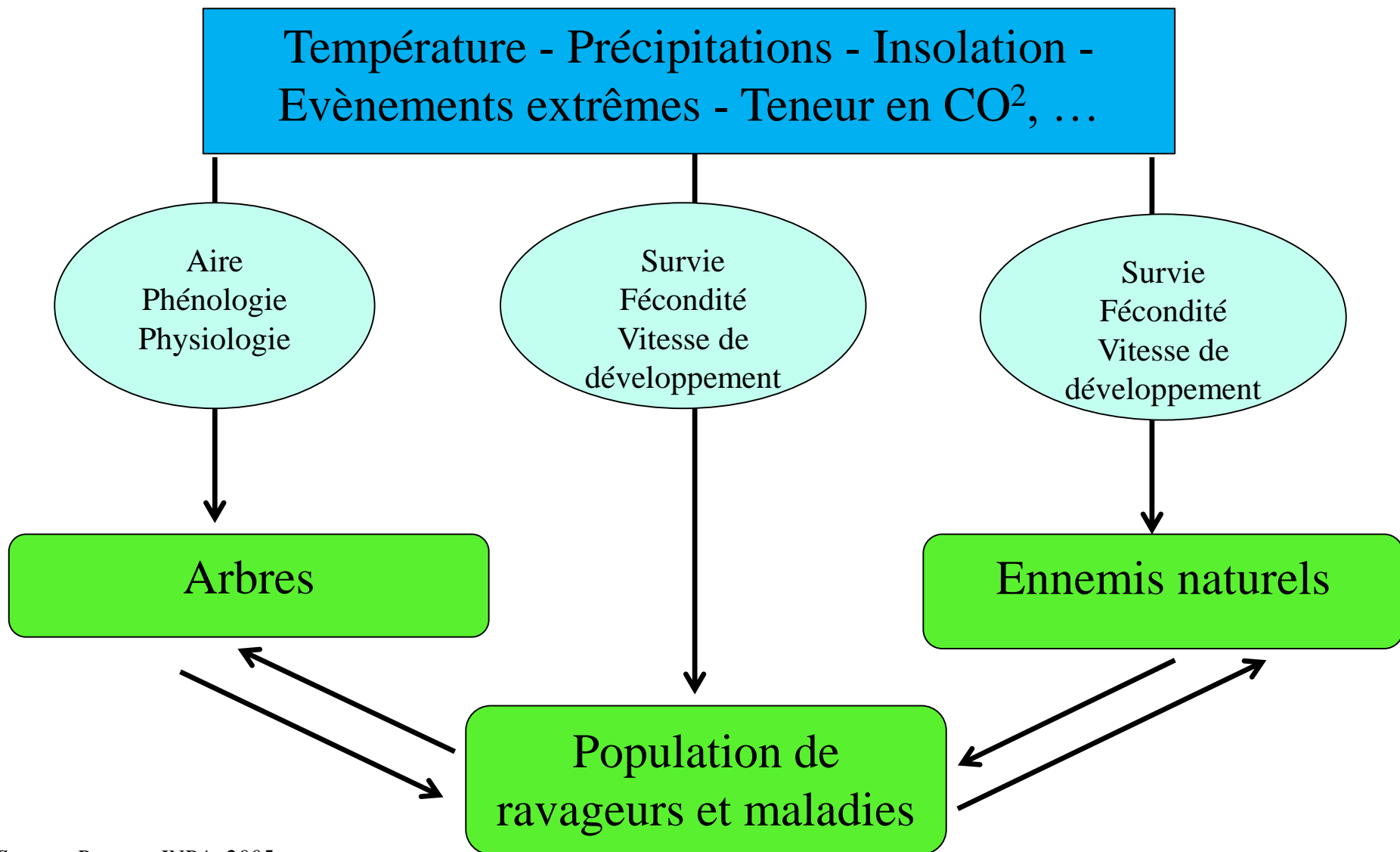


Aspects phytosanitaires

- 1. Arbres, insectes et pathogènes : des relations complexes, des équilibres subtils**
- 2. Des constats déjà établis**
- 3. Des évolutions difficiles à prévoir**
- 4. Conclusion**

1. Arbres, insectes et pathogènes : des relations complexes, des équilibres subtils

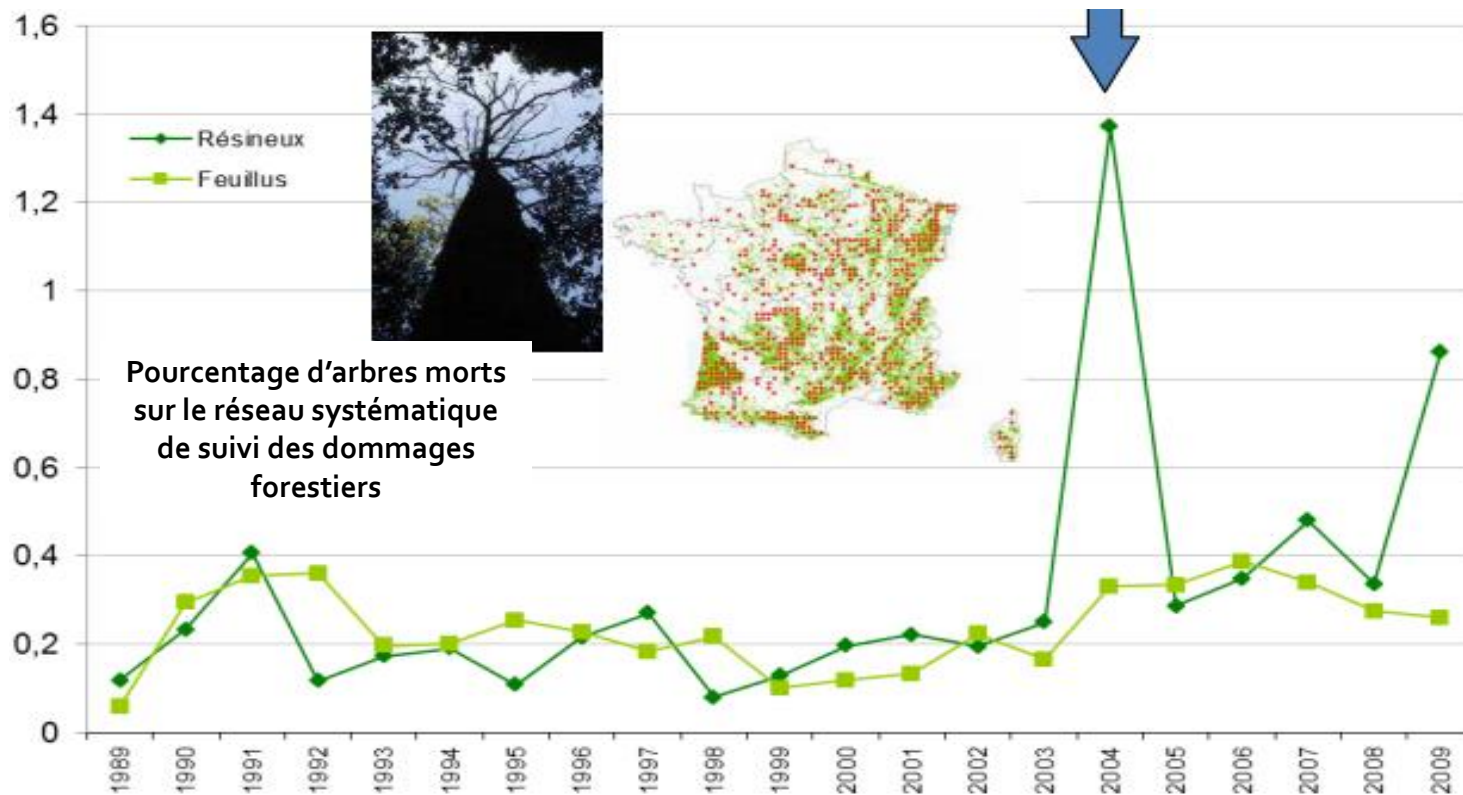
Impacts direct et indirect du changement global



2. Des constats déjà établis

Des effets directs sur la santé des forêts : les mortalités

Mortalités après la sécheresse de 2003 qui sera un été « moyen à frais » selon les scénarios en 2100 !



2. Des constats déjà établis

Des effets indirects sur la santé des forêts

Extension de l'aire de certains ravageurs et de certains pathogènes et modification des équilibres écologiques (relations hôte-pathogène/ravageur)

Exemple de la chenille processionnaire du pin :

- Progression vers le nord + 5,6 km /an entre 1992 et 2004



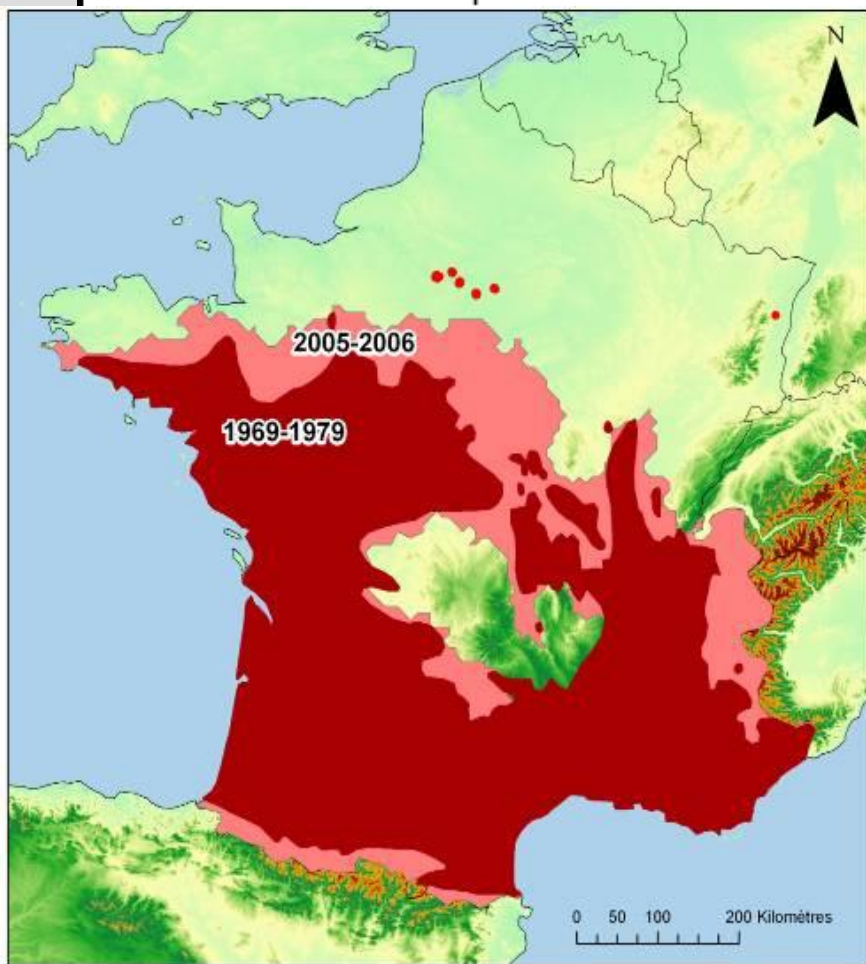
Source : DSF-INRA, Rousselet et al. - 2011

Les défoliations provoquent des pertes de croissance et affaiblissent les arbres.



Progression d'insectes vers le nord (pro processionnaire du pin, France)

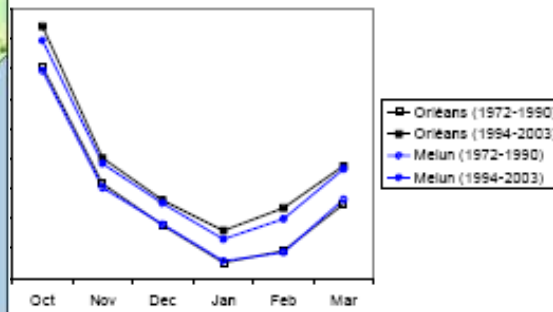
Accélération du déplacement du front dans le Bassin Parisien depuis 1992



86.7 km entre 1972 et 2004
55.6 km entre 1994 et 2004
Paris atteint en 2025?

// Rapide accroissement des températures moyennes hivernales dans la même période:

+ 0.9°C à Melun (Post-Front)
+ 1.1°C à Orléans (Cœur)



Températures hivernales permettant l'alimentation:

Jour (nid) > 9°C
Nuit (air) > 0°C

Mais:
forte mortalité des larves en 2003 (canicule)



2. Des constats déjà établis

Des évènements climatiques peuvent déclencher des pullulations d'insectes

Exemple du scolyte de l'épicéa :

- Les chablis provoquent des situations très favorables aux scolytes : zone d'alimentation !
- Les températures douces permettent une augmentation du nombre de générations / an
- Les sécheresses affaiblissent les arbres qui se défendent moins bien face aux attaques



Des importations d'insectes ou de maladies qui comportent des risques importants pour nos forêts

3. Des évolutions difficiles à prévoir

Exemples de conséquences favorables aux insectes

Une augmentation, même légère, de température accélère les processus physiologiques :

➤ Développement plus rapide des stades larvaires

➤ Augmentation du nombre de générations par saison

Pour certains pucerons, une augmentation de 2°C en hiver et au printemps pourrait induire 4 à 5 générations supplémentaires par an (Harrington et al. 2001)

➤ Augmentation des déplacements des adultes

Pour 65% des papillons européens, on observe une progression de 35 à 240 km vers le nord en un siècle.

➤ Réduction de la mortalité due aux facteurs abiotiques, notamment mortalité hivernale par le froid

Exemples de conséquences défavorables aux insectes et aux maladies

Découplage phénologique insecte/plante et chaleurs estivales :

- Une désynchronisation entre le débourrement des arbres et l'éclosion des œufs peut entraîner des mortalités par famine.
- De trop fortes chaleurs estivales peuvent entraîner des mortalités.

Chenilles processionnaires du pin « grillées » en été 2003

- Des températures ou hygrométries néfastes aux champignons

4. Conclusion

Les faits

- Des évolutions déjà effectives avec des dépérissements constatés notamment dans le sud de la France
- Des phénomènes complexes et interdépendants
- Des risques importants liés aux importations de pathogènes et d'insectes

Ce que peut/doit faire le gestionnaire

- Exercer une surveillance fine des peuplements et signaler les évènements (compétence déjà bien présente : Département de la Santé de la Forêt, chercheurs)
- Raisonner en intégrant les incertitudes qui passe par une gestion adaptée : sylviculture, choix des essences, mélange,...



Catastrophes climatiques



- Incendies
- Tempêtes
- Dépérissements





Incendies de forêts

Calcul de l'Indice Forêt Météorologique par le « JRC »

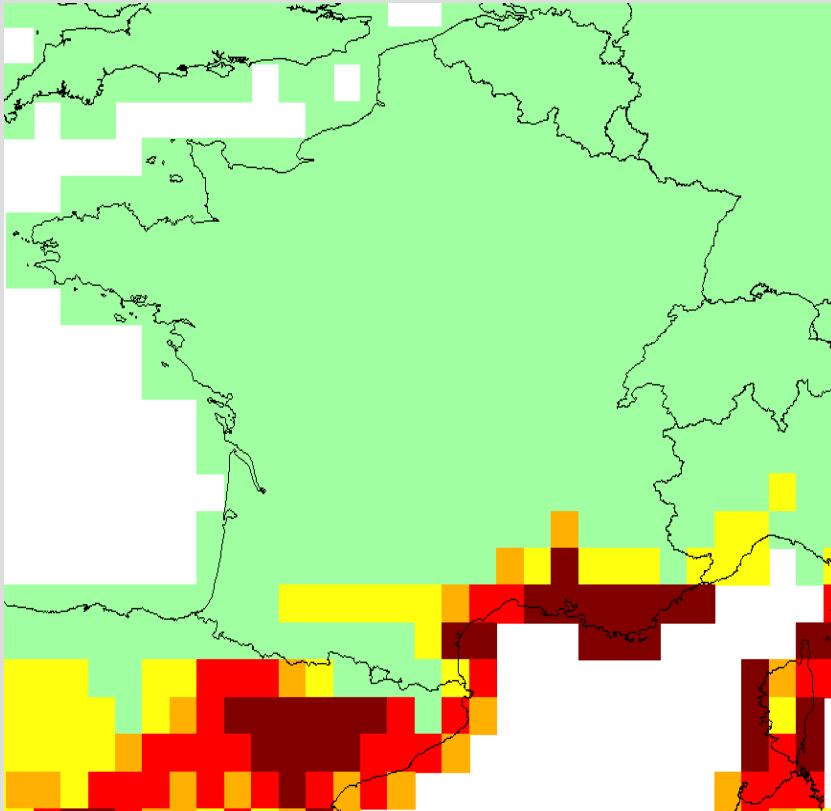
Levels of Risk

- Very Low
- Low
- Moderate
- High
- Very High

Une situation « normale »

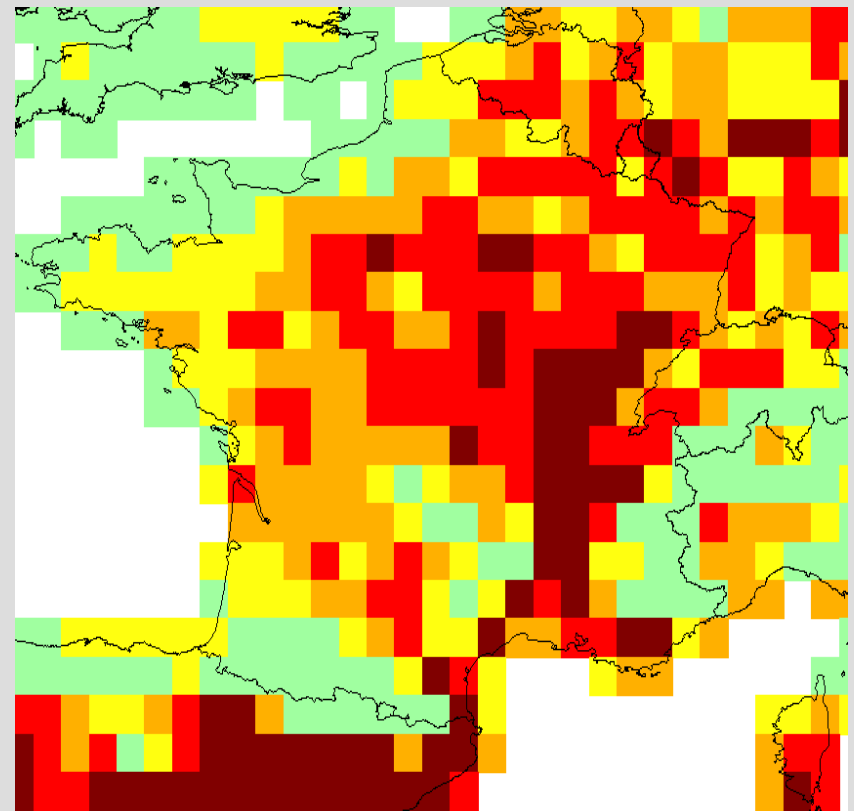
l'exemple du 13 Août 2004

Source: Protection Civile, par D. Dron



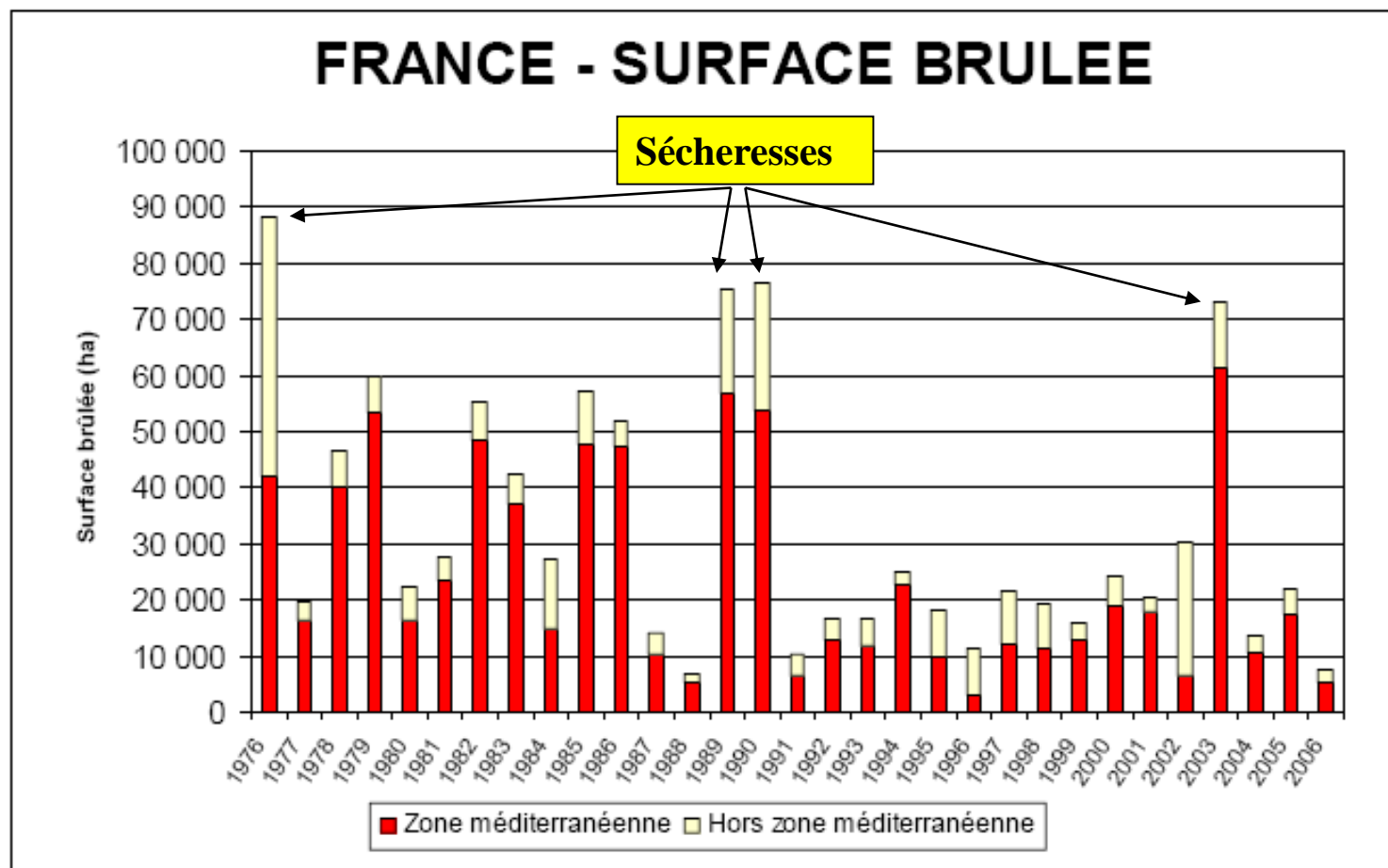
Un aléa élevé (canicule)

l'exemple du 13 Août 2003



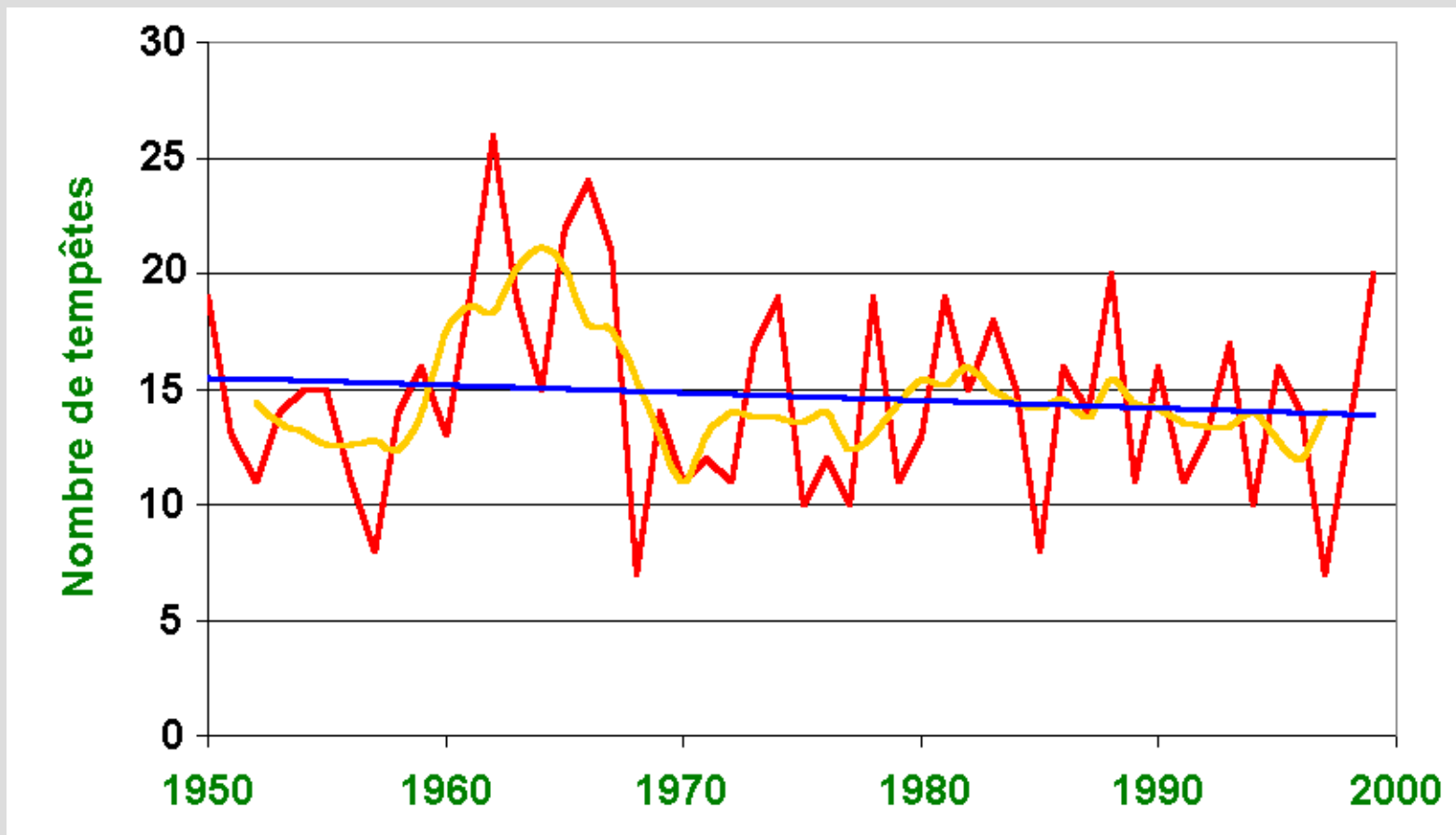


Corrélation sécheresse - incendies de forêts





Nombre de tempêtes observées en France de 1950 à 2000



Le nombre de tempêtes observé annuellement en France a peu évolué depuis 1950 mais le temps de retour très long des fortes tempêtes est mal appréhendé par les statistiques.



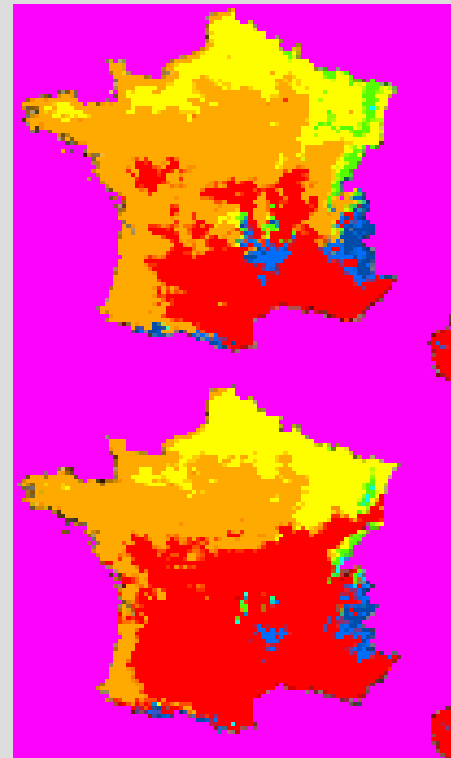
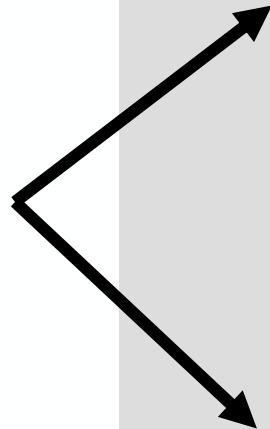
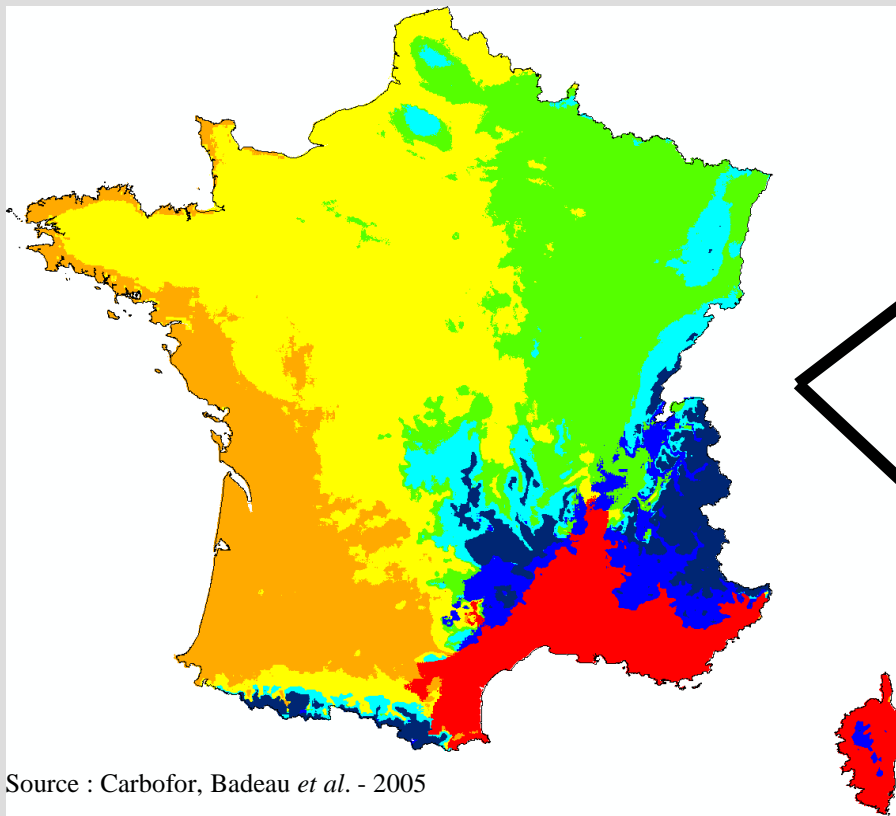
Évolution des aires de répartition potentielle

- Évolution de l'aire de quelques essences (programme Carbofor)
- Autres exemples (cèdre, pin sylvestre/pin d'Alep...)



Évolution de l'aire potentielle de groupes biogéographiques d'essences actuel

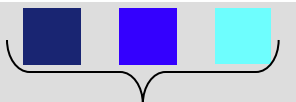
2100



Scénario B2 du GIEC

Scénario A2 du GIEC

Source : Carbofor, Badeau *et al.* - 2005



Essences des montagnes



Essences des plaines et montagnes de l'Est



Essences des plaines de l'Ouest



Essences des plaines du Sud-Ouest



Essences méditerranéennes

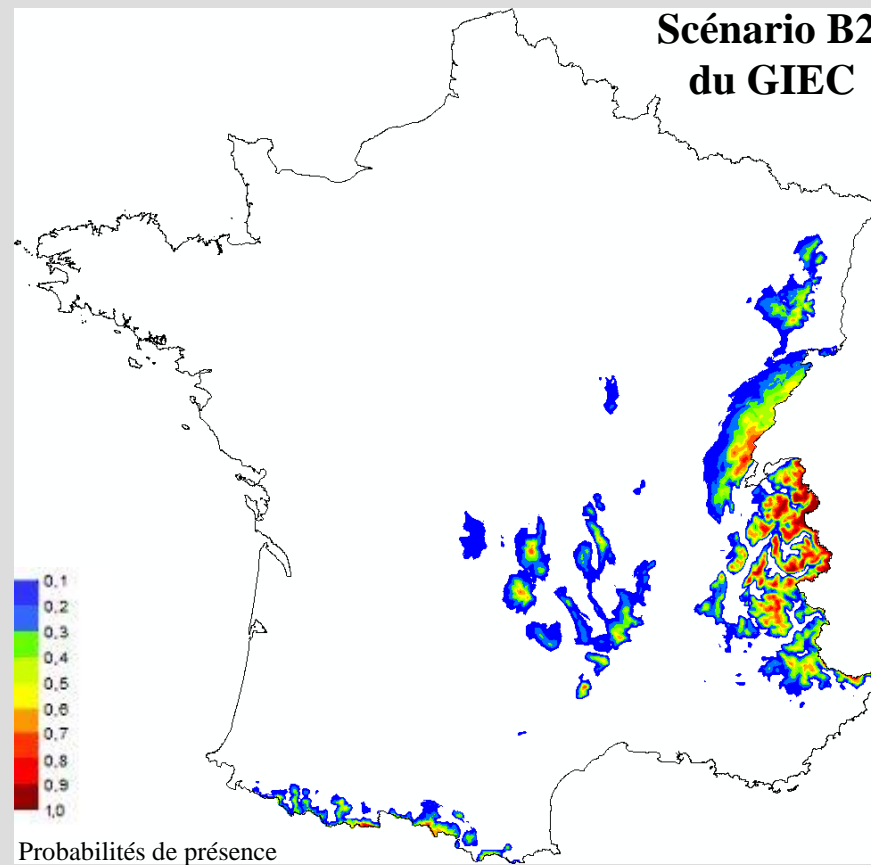
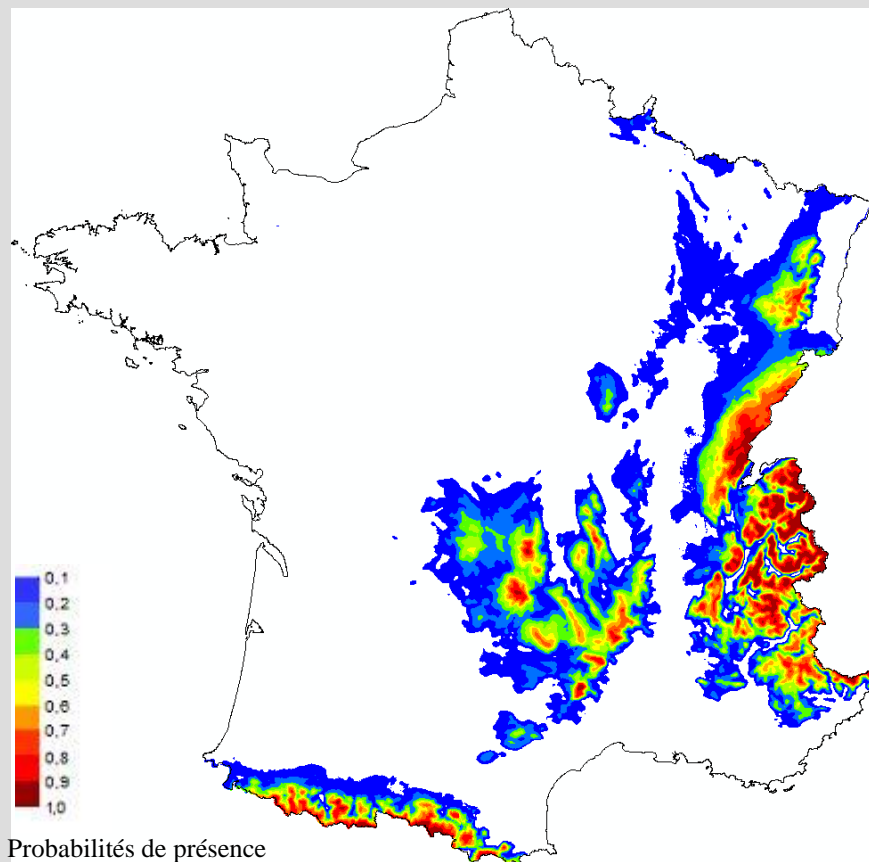


Évolution de l'aire potentielle du sapin

Source : Carbofor Badeau *et al.* - 2005

actuel

2100

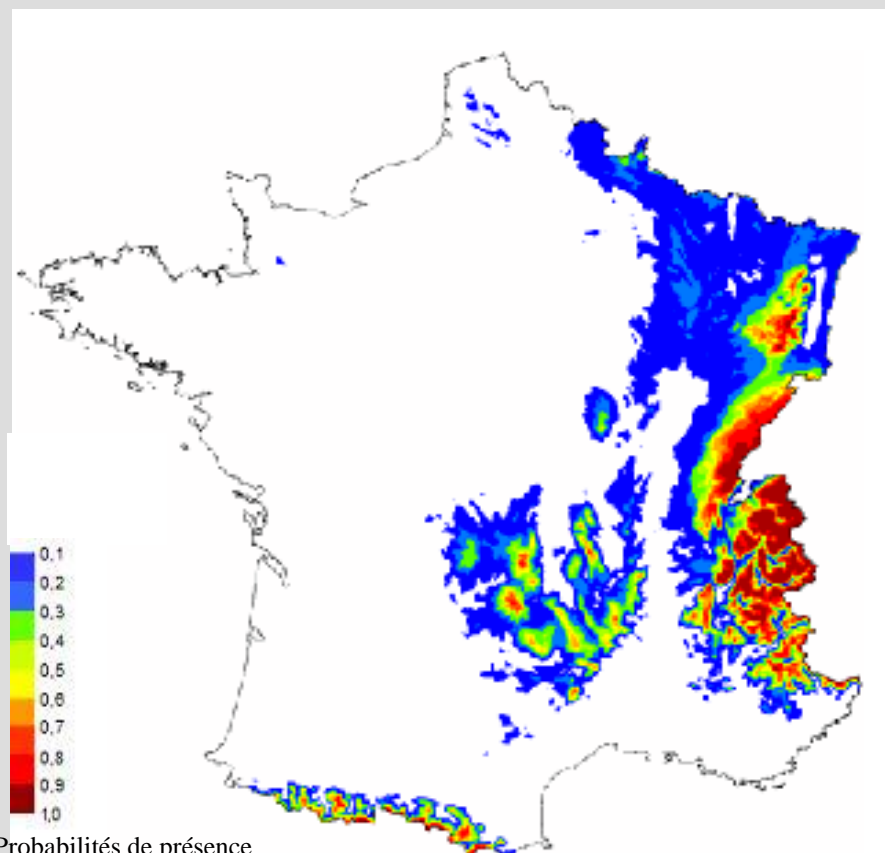




Évolution de l'aire potentielle de l'épicéa

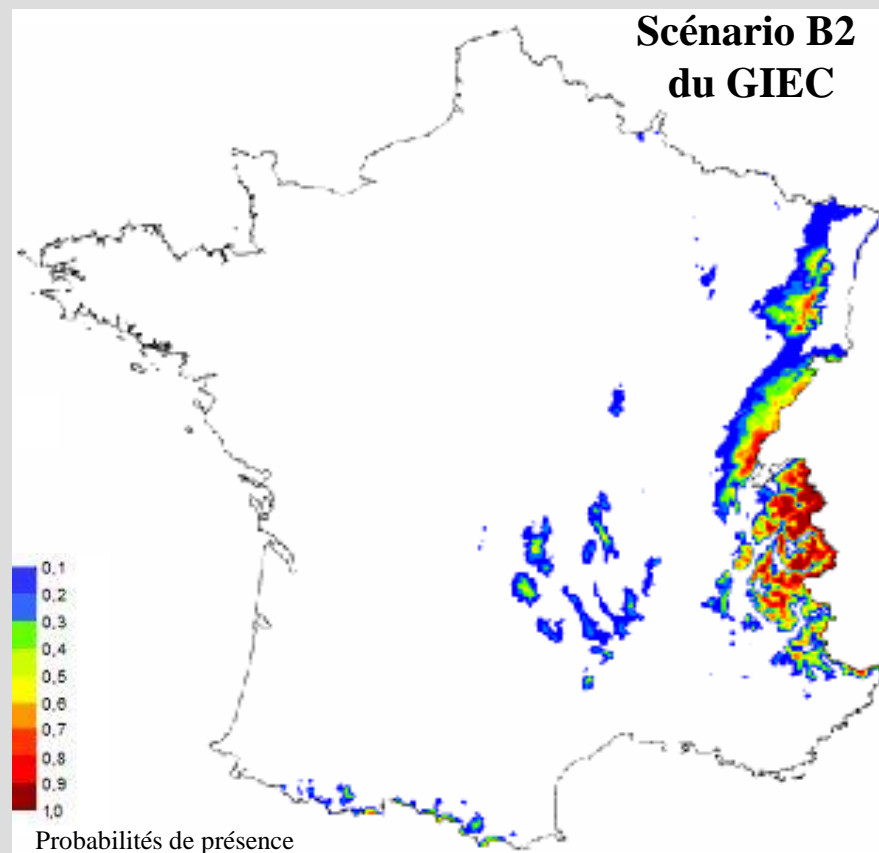
Source : Carbofor Badeau *et al.*, 2005

actuel



Probabilités de présence

2100



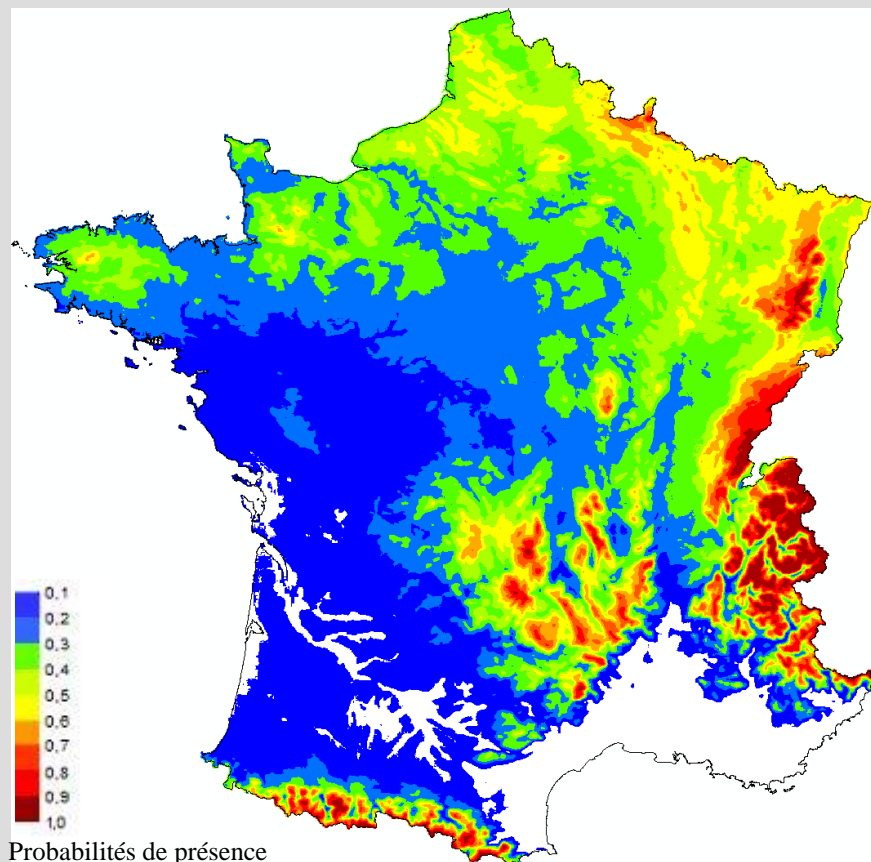
Probabilités de présence



Évolution de l'aire potentielle du hêtre

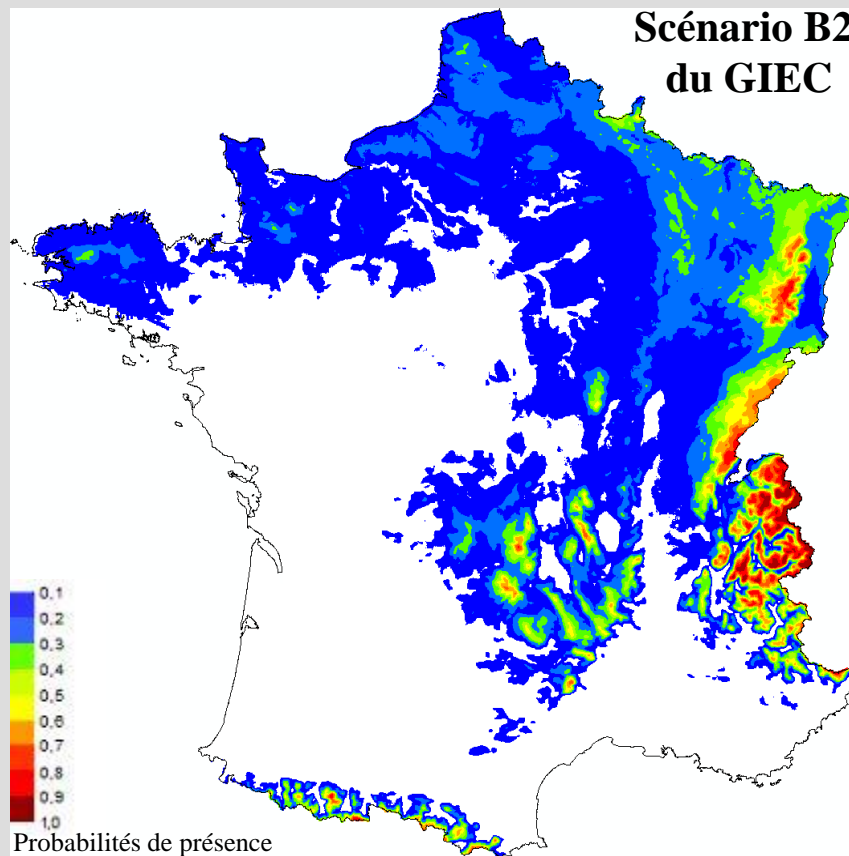
Source : Carbofor Badeau *et al.*, 2005

actuel



2100

Scénario B2
du GIEC

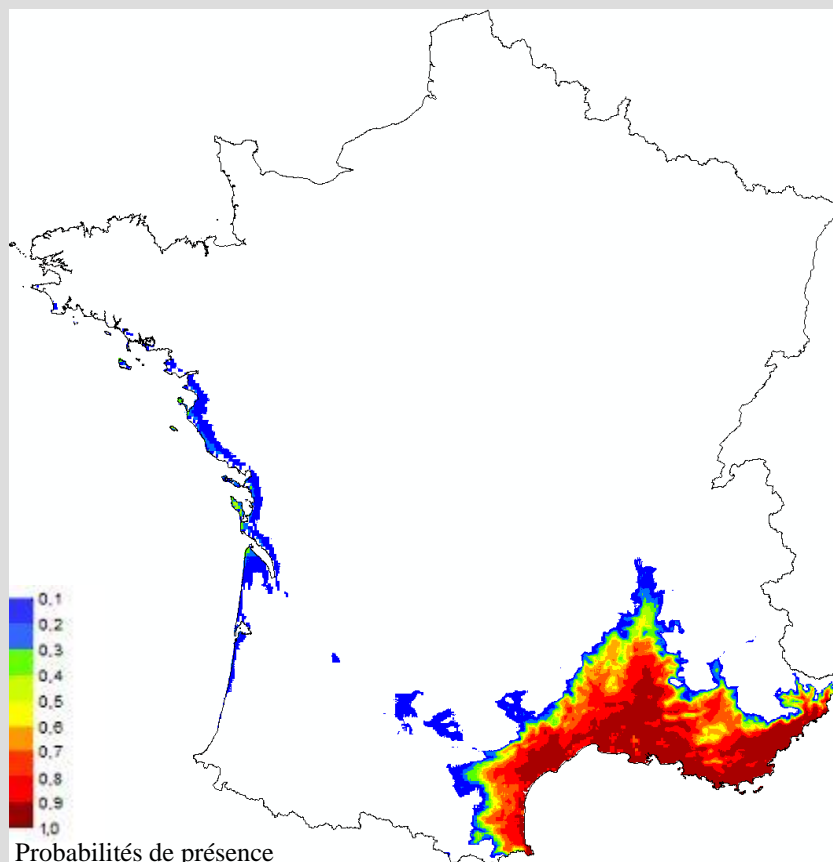




Évolution de l'aire potentielle du chêne vert

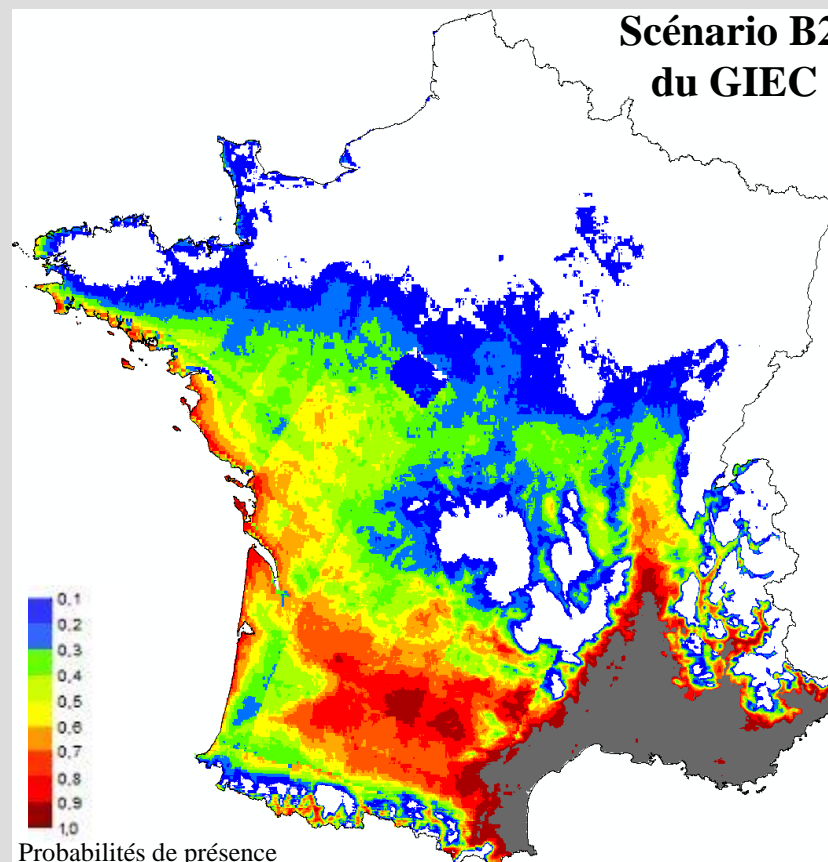
Source : Carbofor Badeau *et al.*, 2005

actuel



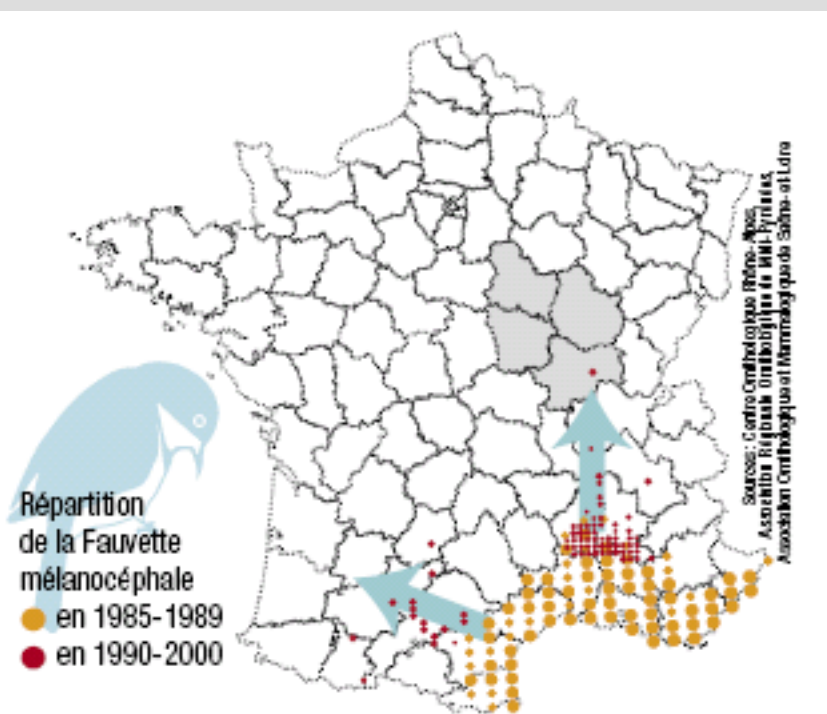
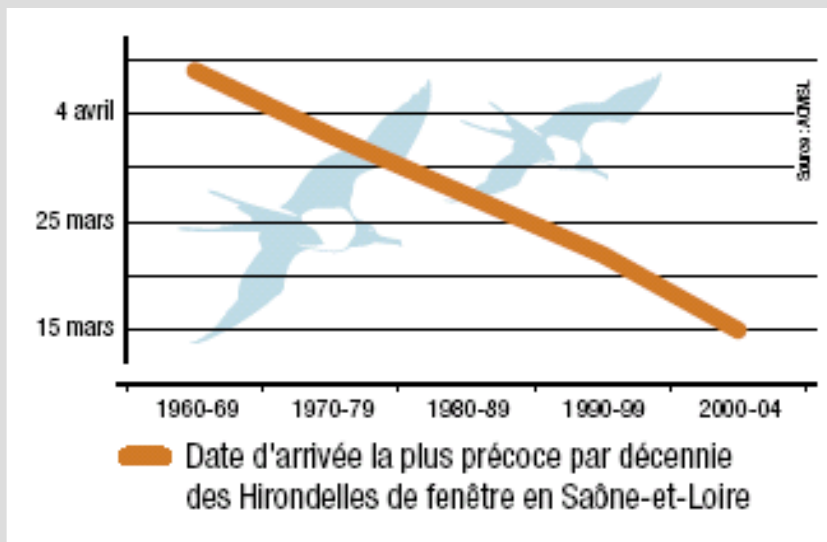
2100

Scénario B2
du GIEC

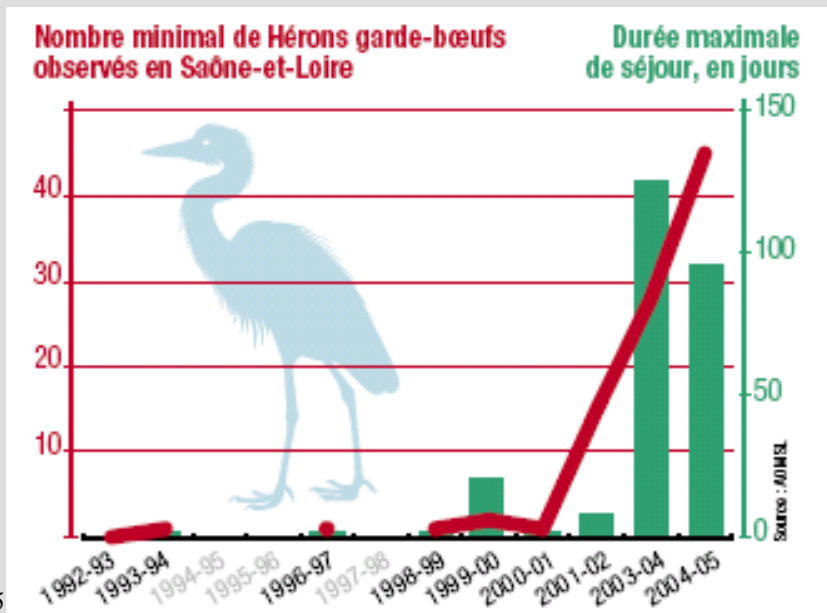




Migration d'espèces : l'avifaune est aussi concernée



Source: OREB - 2005





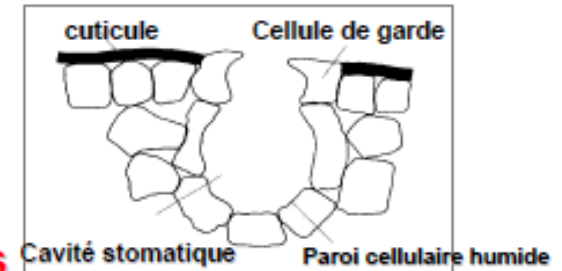
Autécologie et changement climatique

- Les bases physiologiques de l'adaptation au climat
- Résistance à la température et surtout à la sécheresse
- Autécologie des principales essences et changement climatique

La transpiration des arbres forestiers...

⇒ Quand les réserves en eau du **sol ne sont pas limitantes**, la transpiration dépend directement des conditions climatiques et des surfaces évaporantes

⇒ On peut définir alors des **transpirations maximales**



Des besoins en eau importants

- Les arbres « transpirent » : 20 à 40 m³ / ha/jour
- Un arbre adulte : > à 200 litres/jour (D>50cm)
- Pour produire 1 m³ de bois, il faut en moyenne 150 m³ d'eau
- Variable selon les essences



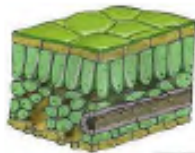
Les possibilités pour le gestionnaire : **Le choix des essences**

Deux mécanismes de résistance à la sécheresse

(modifié d'après Cochard, 2010)

Éviter la sécheresse **= mécanismes d'évitement**

- 1. Limiter les pertes en eau**
 - fermeture des stomates
 - chute des feuilles



Tolérer la sécheresse **= mécanismes de tolérance**

- 1. Cellules moins sensibles à la déshydratation**
(osmorégulation)
- 2. Maintien des fonctions physiologiques et de la croissance**



- 2. Augmenter les entrées d'eau**
 - enracinement plus profond

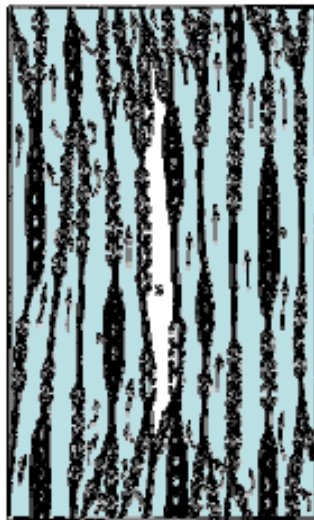


Traits physiologiques des espèces forestières

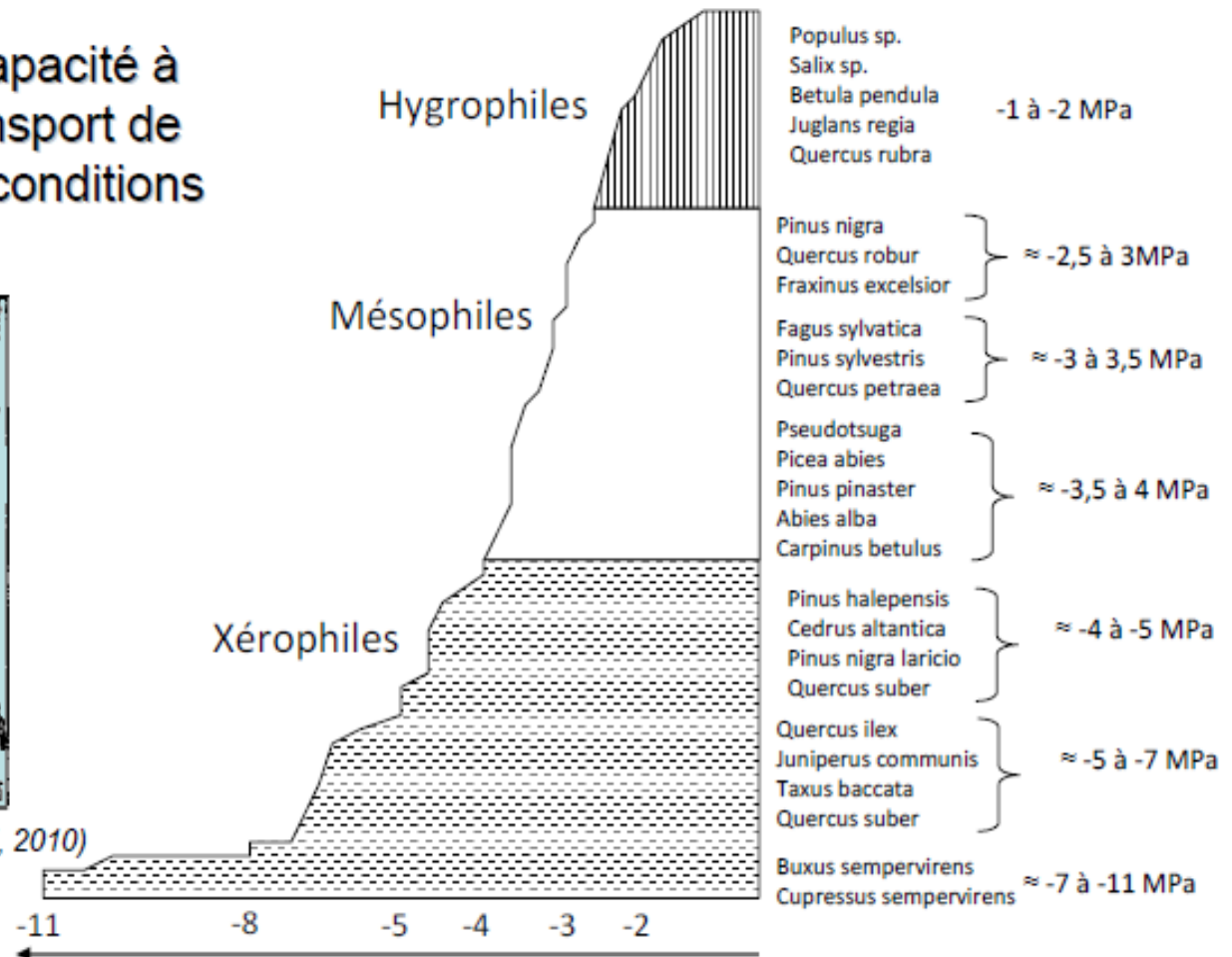


Les possibilités pour le gestionnaire : **Le choix des essences** un mécanisme de tolérance : la conduction hydraulique

Cavitation => capacité à maintenir le transport de l'eau dans des conditions sèches



(modifié d'après Cochard, 2010)



Sensibilité à la cavitation



Autécologie et changements climatiques (liste indicative IDF)

Essences

Évolution attendue (2050)

Remarques

Chêne pédonculé

↘ À recentrer sur stations de vallées

Hêtre

↘ À recentrer en montagne sur ubacs; à réduire en plaine et sur sols superficiels

Frêne, peupliers, aulnes

↘ À limiter aux vallées, à proscrire des plateaux

Épicéa c. - Sapin p.

↘ À recentrer en moyenne montagne

Grandis - (Sitka ?)

↘ À éliminer progressivement si $P < 1\ 000$ mm?

Douglas

→ Attention si $P < 800$ mm en plaine ?
Choix des provenances ; sylviculture à adapter

Chêne sessile

→ À éviter sur sols filtrants

Mélèzes

→ $P > 800$ mm ? Choix des provenances?



Autécologie et changements climatiques (liste indicative IDF)

Essences

Évolution attendue (2050)

Remarques

Pin sylvestre	↗	Choix des provenances mais quelques doutes
Pin maritime	↗	Provenances aquitaines à tester au Nord
Pin laricio	↗	Attention si P < 700 mm
Pin d'Alep	↗	Progression spontanée
Sapin de Nordmann	↗	Écologie, provenances et sylviculture à préciser
Cèdre de l'Atlas	↗	Écologie, provenances et sylviculture à préciser
Robinier	↗	Écologie, provenances et sylviculture à préciser
Tilleul ?	↗	Écologie, provenances et sylviculture à préciser
Eucalyptus?	↗	Écologie, provenances et sylviculture à préciser




La forêt face aux changements climatiques

- 1 - Climat : des constatations alarmantes
- 2 - Climat : quelles évolutions attendre?
- 3 - Conséquences sur les arbres et la forêt
- 4 - Conséquences sur la gestion

Quelques rappels

- Les aménagements et plans simples de gestion sont encadrés par des documents réglementaires qu'il convient de respecter.
- Ces documents cadres préconisent déjà des adaptations face au changement climatique.
- La prise en compte des recommandations qui suivent doit donc s'inscrire dans les politiques et les textes légaux de la forêt privée et publique.
- Les équipes de chercheurs et forestiers publics et privés travaillent à la mise à jour des connaissances. Une veille sur ces évolutions est donc indispensable.

Une approche globale à intégrer

- Prendre conscience de l'ampleur du problème :
le forestier travaille à l'échelle du siècle et doit apprendre à gérer les incertitudes.
 - Au niveau du pays : grande diversité de climats et d'essences :
le changement pourrait y être particulièrement visible. Une même essence peut progresser au nord et régresser au sud.
Quid de l'ACAL ? A quelle échéance ?
- 
- L'objectif reste inchangé :
production de bois d'œuvre dans le cadre d'une gestion durable qui prend en compte toutes les fonctions de la forêt.
 - La forêt joue un rôle important vis-à-vis du Carbone :
les « 3S » : Séquestration, Stockage, Substitution.

L'approche locale dans les documents d'aménagement

Plus encore que par le passé, il est impératif de bien connaître sa forêt

Etudier les stations forestières

Analyser les peuplements forestiers

Sol, exposition, topographie

Climat

Composition, âge, caractéristiques dendrométriques

Etat sanitaire

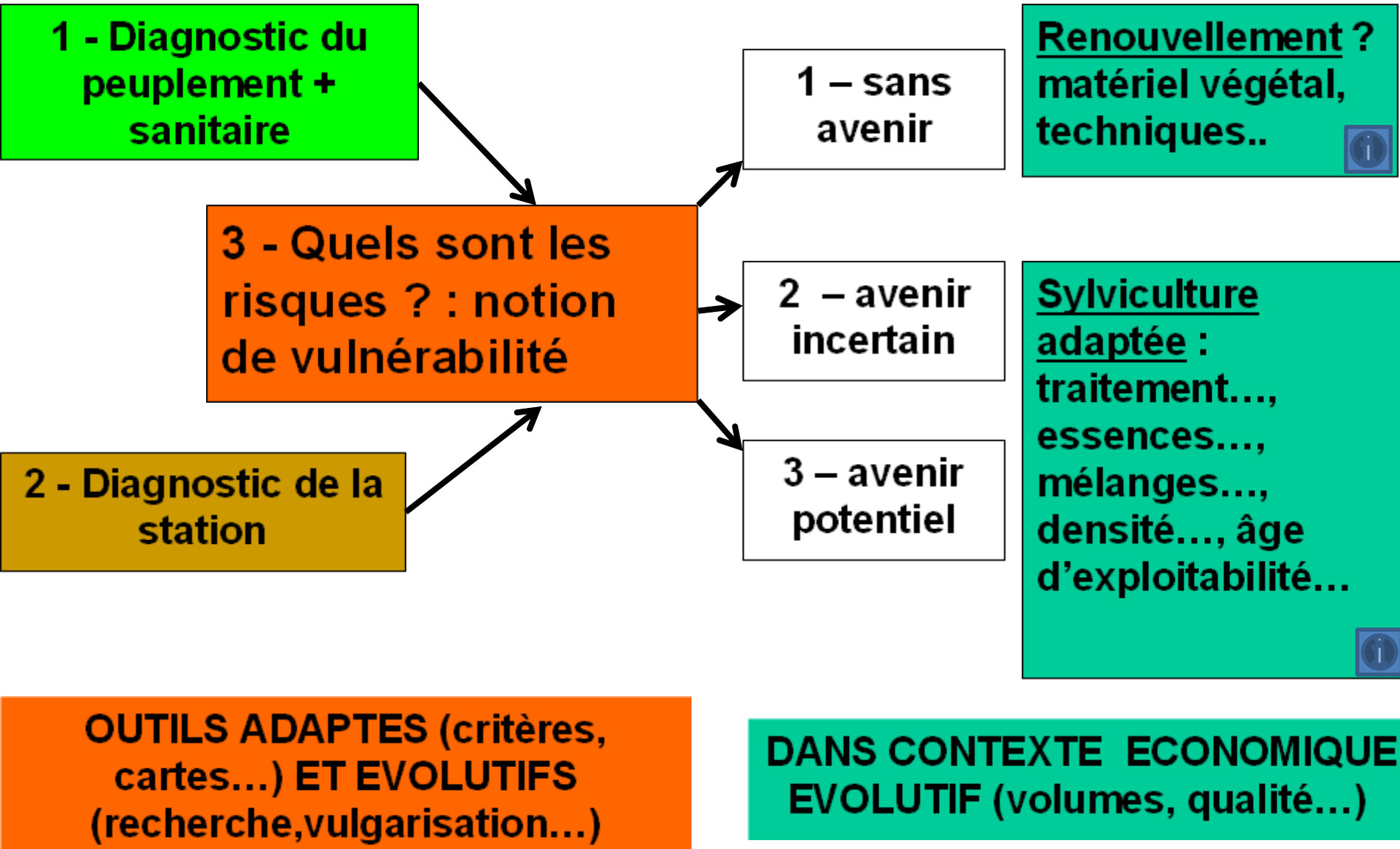
Données stables

Données évolutives

Données maîtrisées par les forestiers

Données moins bien maîtrisées

L'approche locale dans les documents d'aménagement

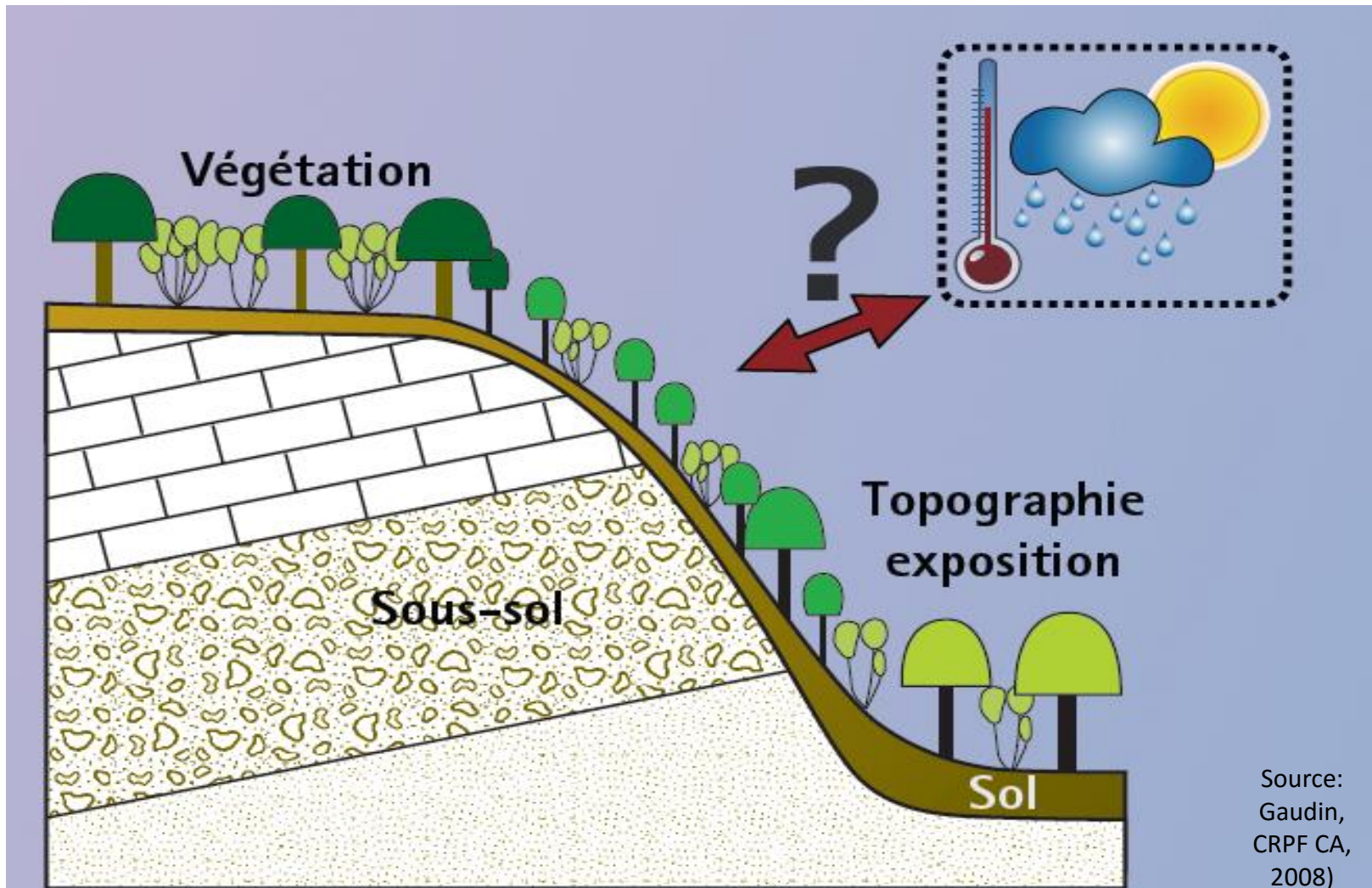


Le renouvellement des peuplements : quelques conseils

- Réaliser un diagnostic stationnel **prospectif** et rechercher les **essences et provenances** adaptées sur la durée de la révolution prévue
- Vérifier la pertinence d'une régénération naturelle, parfois inadaptée (chêne pédonculé, sapin...)
- Favoriser les mélanges : « faire le plein d'essences pour tenir la distance »
- Utiliser le recrû naturel pour le gainage et la diversité
- Adapter les modes de reboisement : types de plants, techniques culturales, et réaliser les entretiens pour maintenir la diversité en essences
- Surveiller les aspects phytosanitaires

Approche locale : les documents d'aménagement

Le diagnostic stationnel prospectif



Source:
Gaudin,
CRPF CA,
2008)



Une sylviculture adaptée : quelques conseils

➤ Peuplements à avenir incertain :

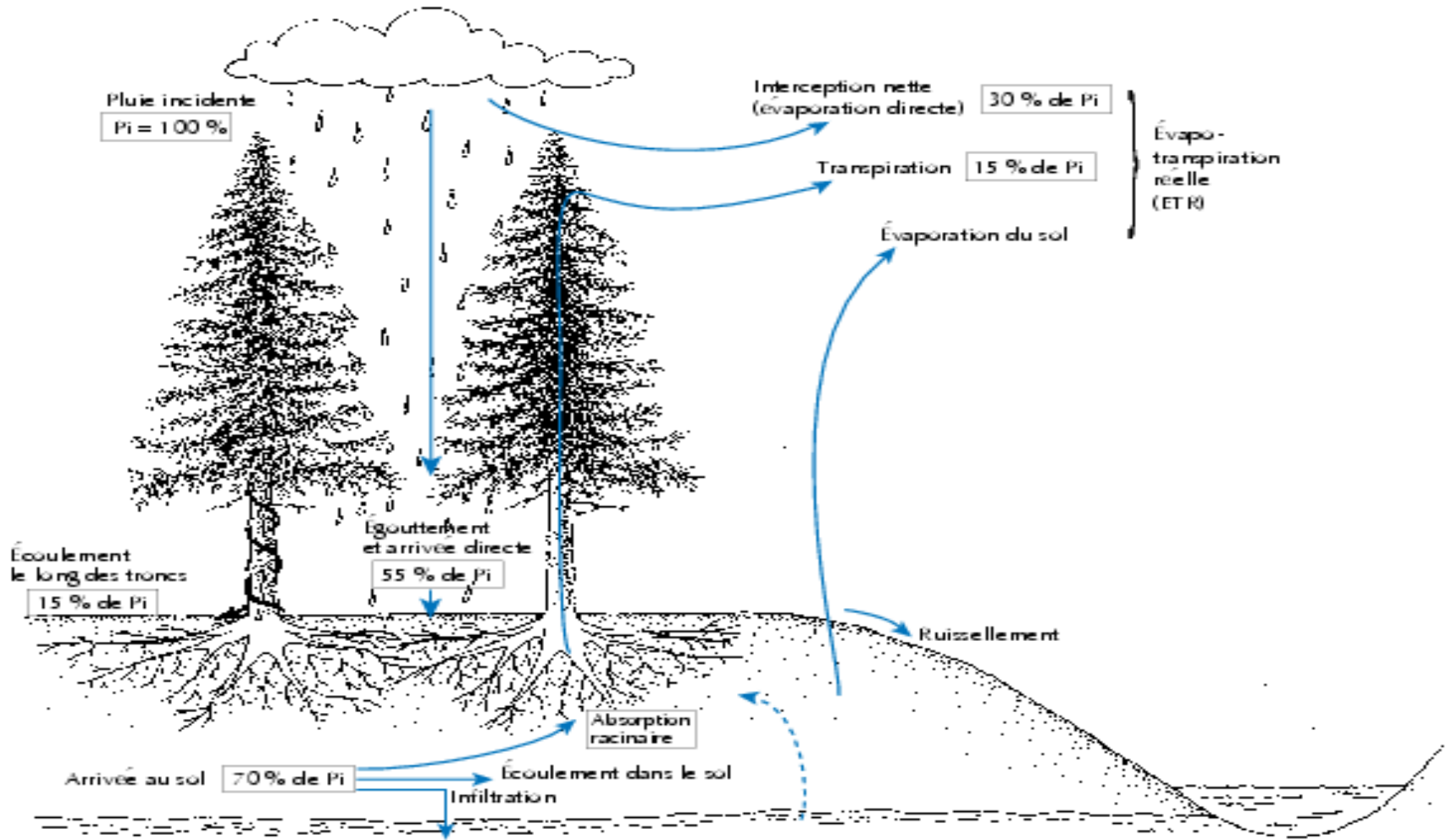
Viser une révolution plus courte si possible : dynamiser la gestion en veillant à l'équilibre du peuplement (pas d'interventions trop fortes)

➤ Peuplements d'avenir :

- ✓ Se mettre en situation de pouvoir abaisser les âges d'exploitabilité si besoin
- ✓ Eviter les peuplements trop capitalisés (forte compétition pour l'eau et instabilité)
- ✓ Réaliser des éclaircies dynamiques et précoces
- ✓ Favoriser les mélanges
- ✓ Surveiller l'état phytosanitaire



Rappel : le cycle de l'eau en forêt



Source: P. Riou-Nivert, 2005

En peuplement dense, 1/3 de l'eau incidente n'arrive jamais au sol, par ailleurs, les arbres, nombreux, transpirent plus :

- **espacer les tiges pour limiter le stress hydrique.**

Une nécessité : une sylviculture économe en eau

Les enseignements de la recherche :

- L'indice foliaire (LAI) a un impact direct sur le bilan hydrique.

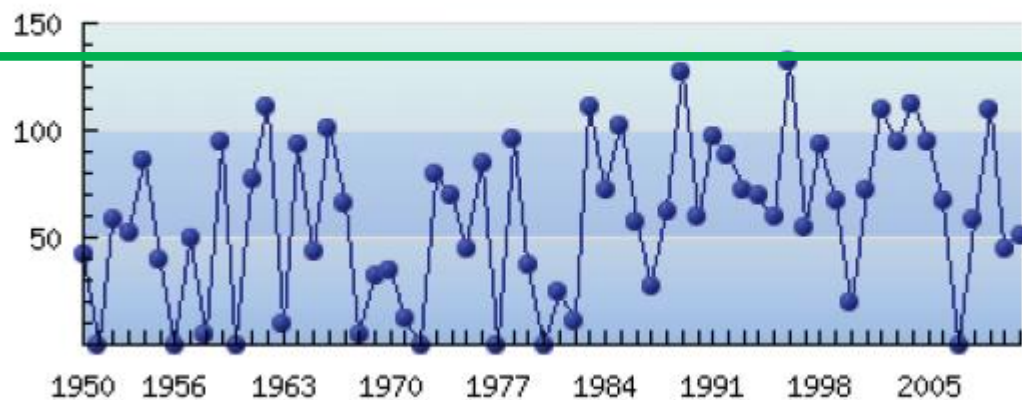
LAI = rapport entre la surface de feuille et surface au sol du peuplement

- Quelques exemples concrets



Nombre de jours de stress hydrique

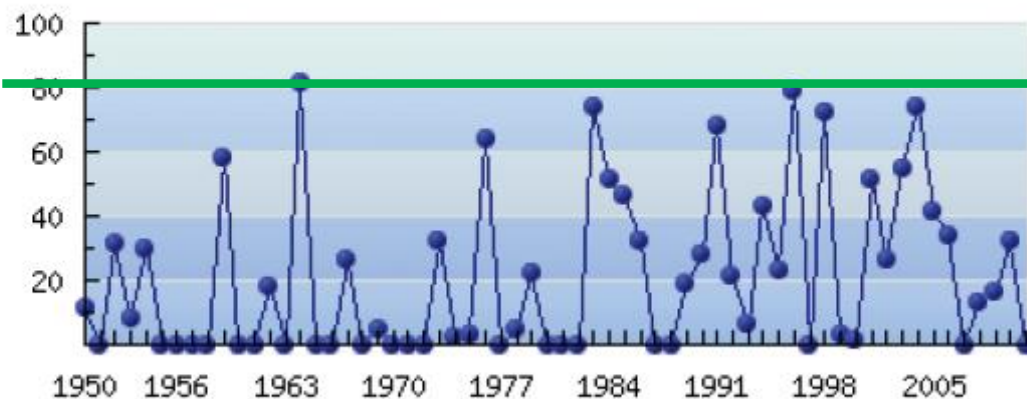
par an



LAI 6
Feuilleus

Nombre de jours de stress hydrique

par an

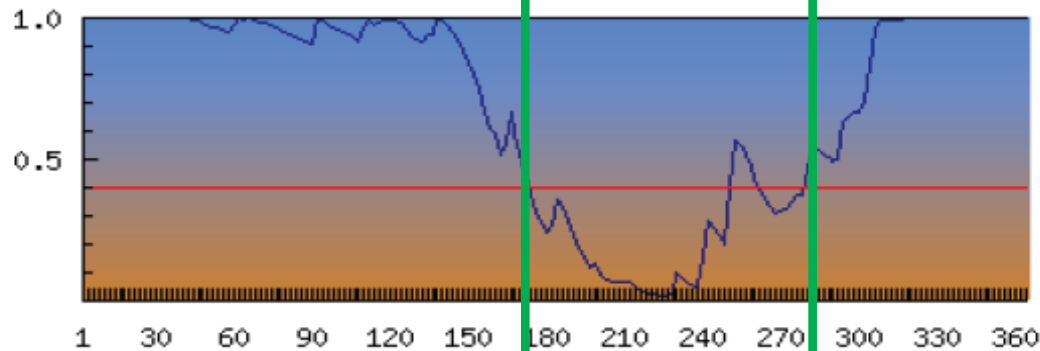


LAI 4
Feuilleus

Exemples
composés à l'aide
de BILJOU
(outil INRA)

REW annuel

Année 2003



Année:

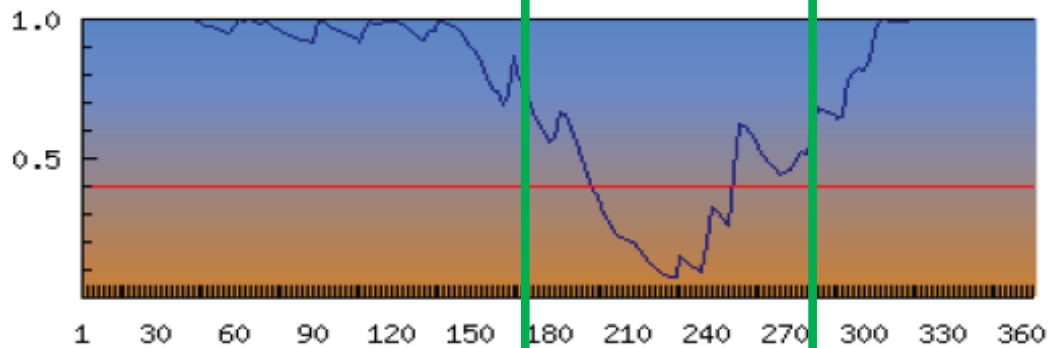
2003



Pour des volumes de données météo importants, l'affichage du graphique peut prendre quelques secondes lors de la sélection.

REW annuel

Année 2003



Année:

2003



Pour des volumes de données météo importants, l'affichage du graphique peut prendre quelques secondes lors de la sélection.

LAI 6 Feuillus

LAI 4 Feuillus

Exemples composés
à l'aide de BILJOU
(outil INRA)

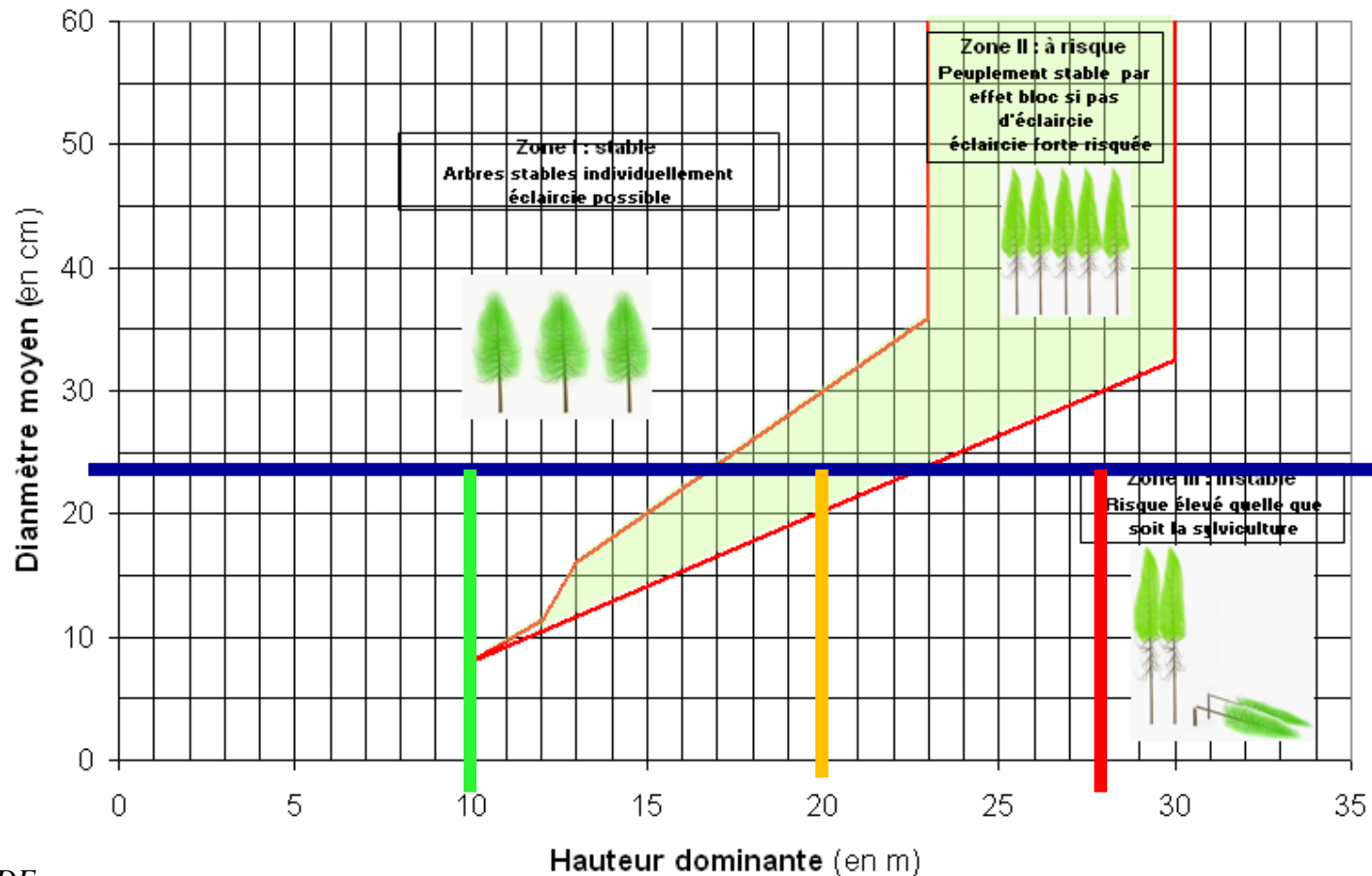
Une nécessité : une sylviculture économe en eau

Pour une meilleure économie de l'eau, le forestier doit donc :

- Eclaircir régulièrement
- Eclaircir de façon dynamique ...
tout en veillant à la stabilité des peuplements

Une précaution : veiller à la stabilité des peuplements

Zones de stabilité au vent : peuplements résineux



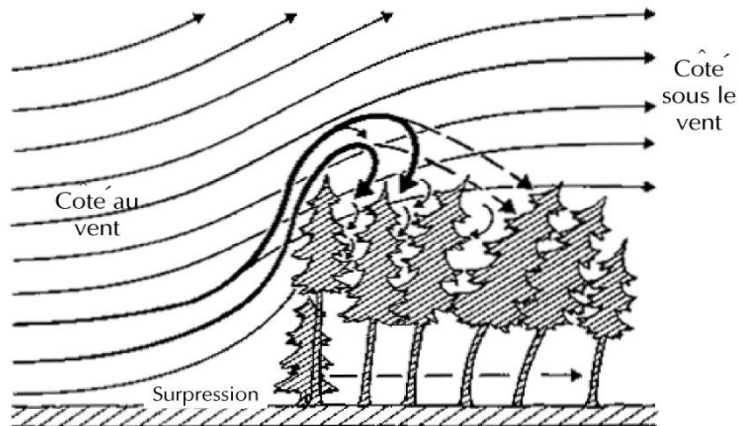
Source : IDF

Les conseils visant à renforcer la stabilité des peuplements au vent et la résistance au stress hydrique vont dans le même sens.

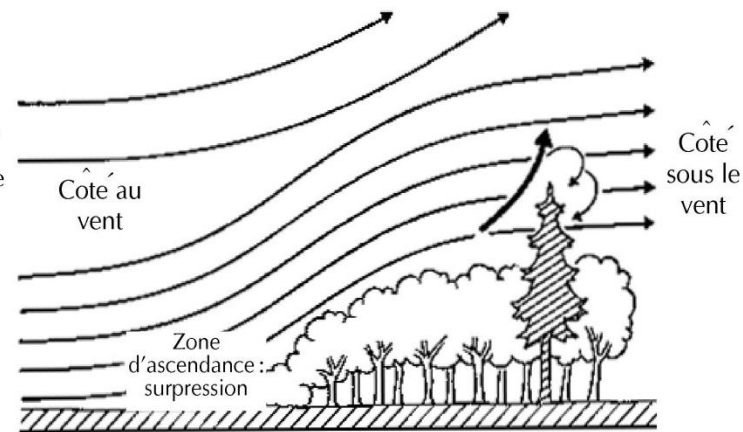
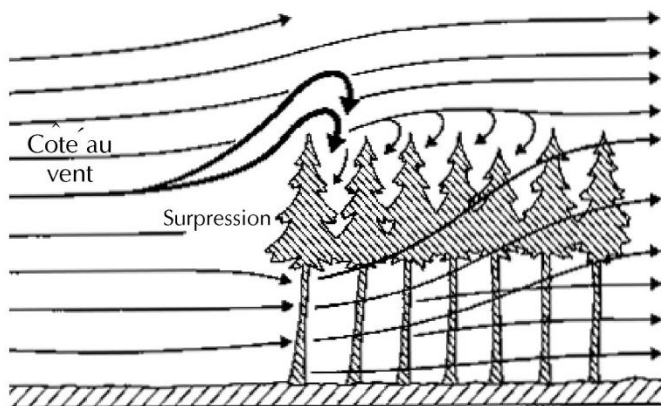
Une précaution : veiller à la stabilité des peuplements

Écoulement du vent en fonction de la nature des lisières

MAUVAIS :
Lisière fermée



BON :
Lisière filtre
(ouverte) ou
Lisière tremplin
(étagée)



Les exploitations : un impératif de préservation des sols

Sols tassés = compactage durable des éléments du sol :

- Circulation et stockage de l'eau affaiblis
- Racines lésées
 - ↳ Moins bonnes conditions pour les arbres, voire dépérissements (cf. hêtre après tempête)

Les exploitations : un impératif de préservation des sols

Quelques données à méditer (source guide Prosol) :

- Une machine d'exploitation applique une pression au sol 5 à 30 fois supérieure à celle d'un homme.
- Ces pressions s'exercent jusqu'à 70 cm en profondeur et 80 cm de part et d'autre des roues.
- La texture et l'humidité du sol conditionnent en grande partie les dommages causés par l'exploitation.
- 80 à 90 % du tassement des horizons de surface du sol a lieu entre le 1^{er} et le 3^{ème} passage d'engin.

Les exploitations : un impératif de préservation des sols

Quelques règles :

- Installer des cloisonnements d'exploitation
- Canaliser les machines strictement dans les cloisonnements
- Intervenir par temps sec ou par période de gel surtout sur sols sensibles (limons)
- Préserver la fertilité des sols (importance des rémanents)

En conclusion pour les aménagements et les Plans Simples de Gestion

- Nécessité d'établir des diagnostics précis de la station et des peuplements
- Prévoir des travaux d'installation de qualité (plantation)
- Privilégier les mélanges d'essences parfaitement adaptées aux stations
- Préférer des sylvicultures dynamiques (travaux, éclaircies)
- Prévoir des cloisonnements d'exploitation (préserver les sols)
- Contribuer à l'équilibre faune-flore
- Exercer une veille sanitaire et signaler les problèmes au DSF

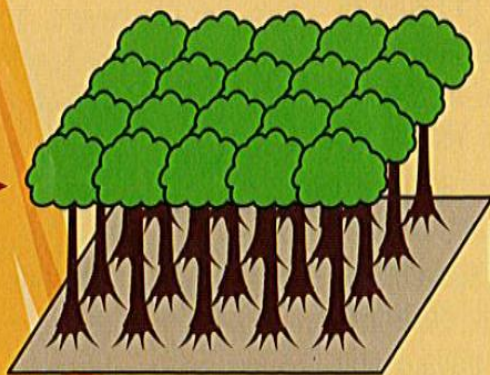
Le rôle de la Forêt et des forestiers face au carbone

Stéphane Asaël - CRPF

Le rôle de la forêt dans le bilan carbone : la règle des 3 S

Photosynthèse

1 ha de forêt



1. **S**équestration en forêt

100 tonnes CO²

Stocks de carbone

2. **S**tock dans les produits bois

10 tonnes CO²

Usages du bois



Économie d'émission
de GES
(Gaz à Effet de Serre)

3. **S**ubstitution à des énergie fossiles et des matériaux énergivores



Quelques outils



Drias

<http://www.drias-climat.fr/>



Biljou

Les actions du CRPF et de l'ONF en Lorraine

- Etude CRPF-ONF de 2011 qui a recensé les boisements en essences originales pouvant présenter un intérêt dans le cadre des changements climatiques.
- Etude CRPF-ONF 2013-2016 : identification des couples stations-essences vulnérables et réflexion sur les essences à privilégier puis mise en place de test.



Faisons vite, ça chauffe!!

Merci de votre attention

