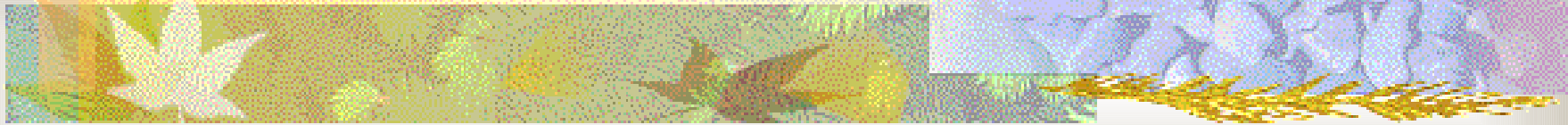


Les effets du changement climatique sur l'agriculture

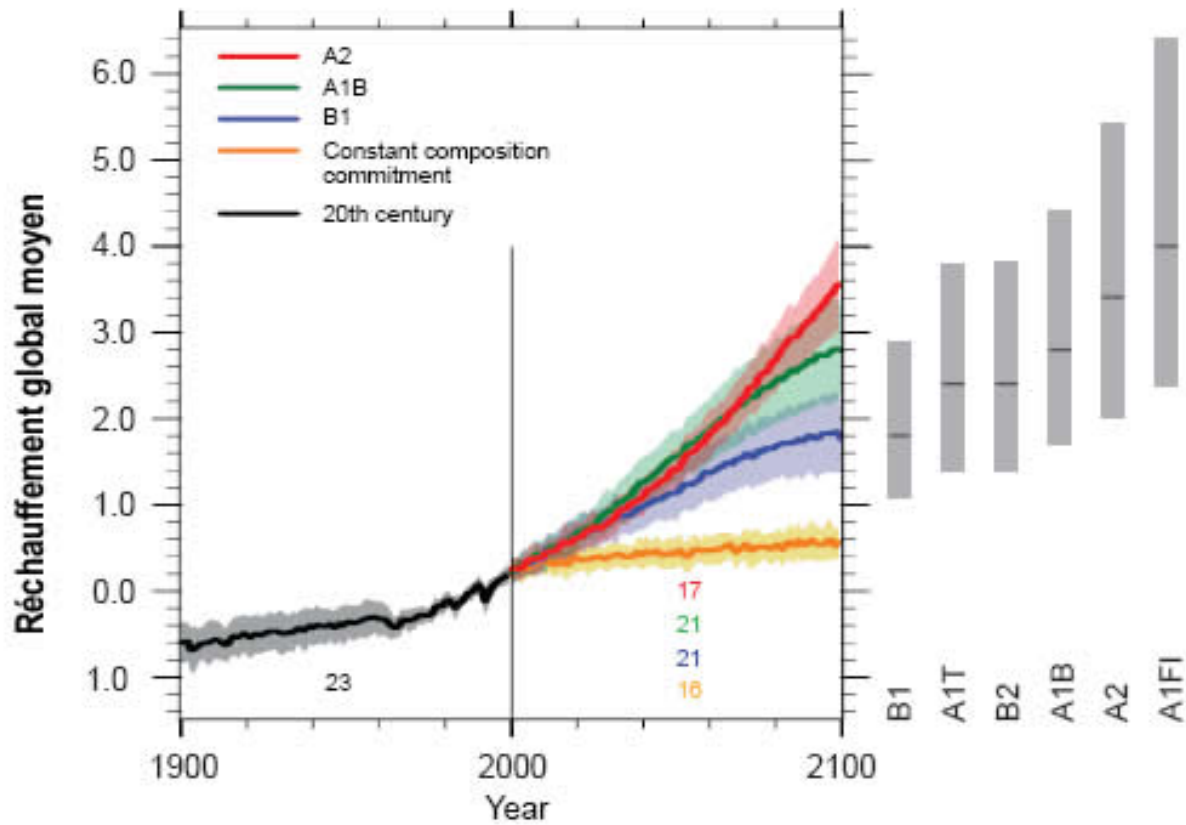


Bernard Seguin

INRA Avignon

Mission Changement climatique et effet de serre

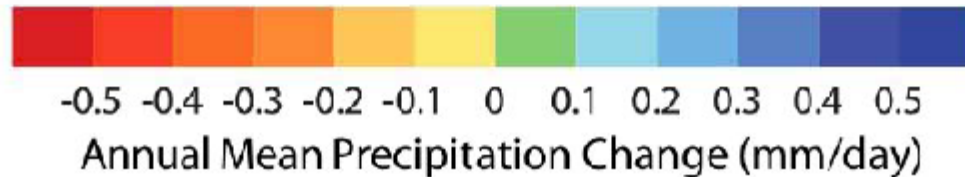
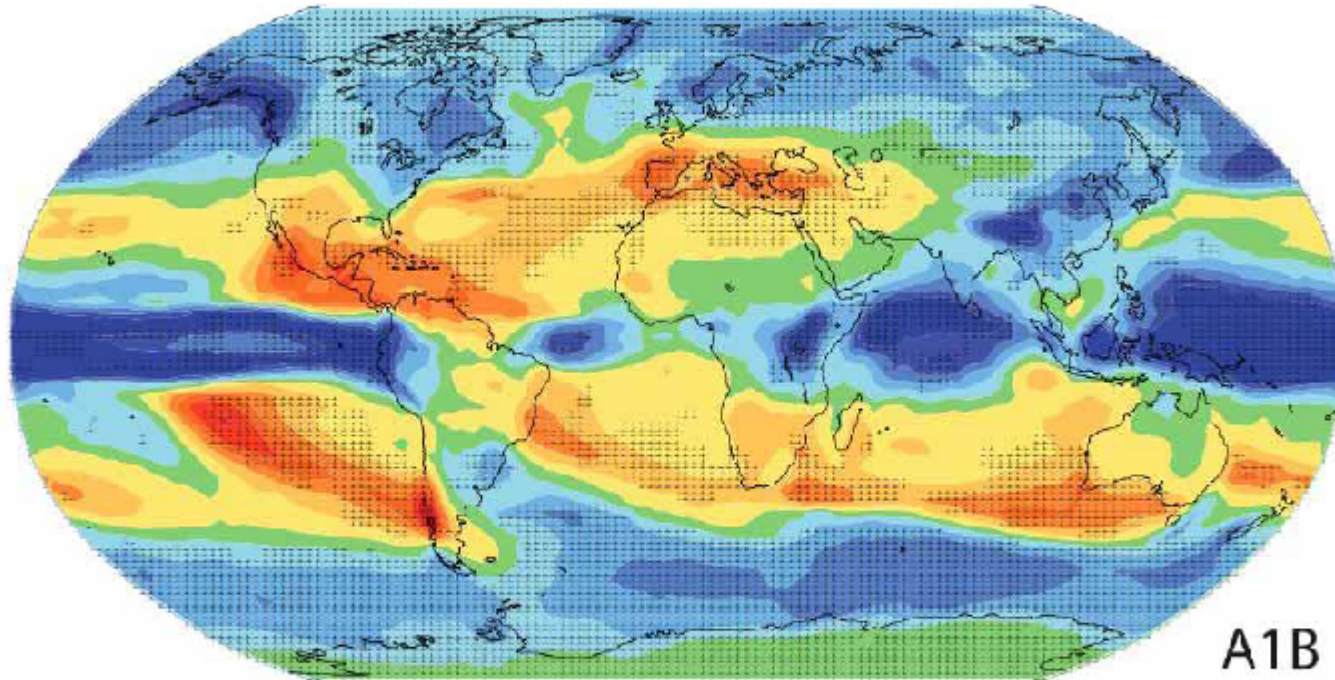
Les



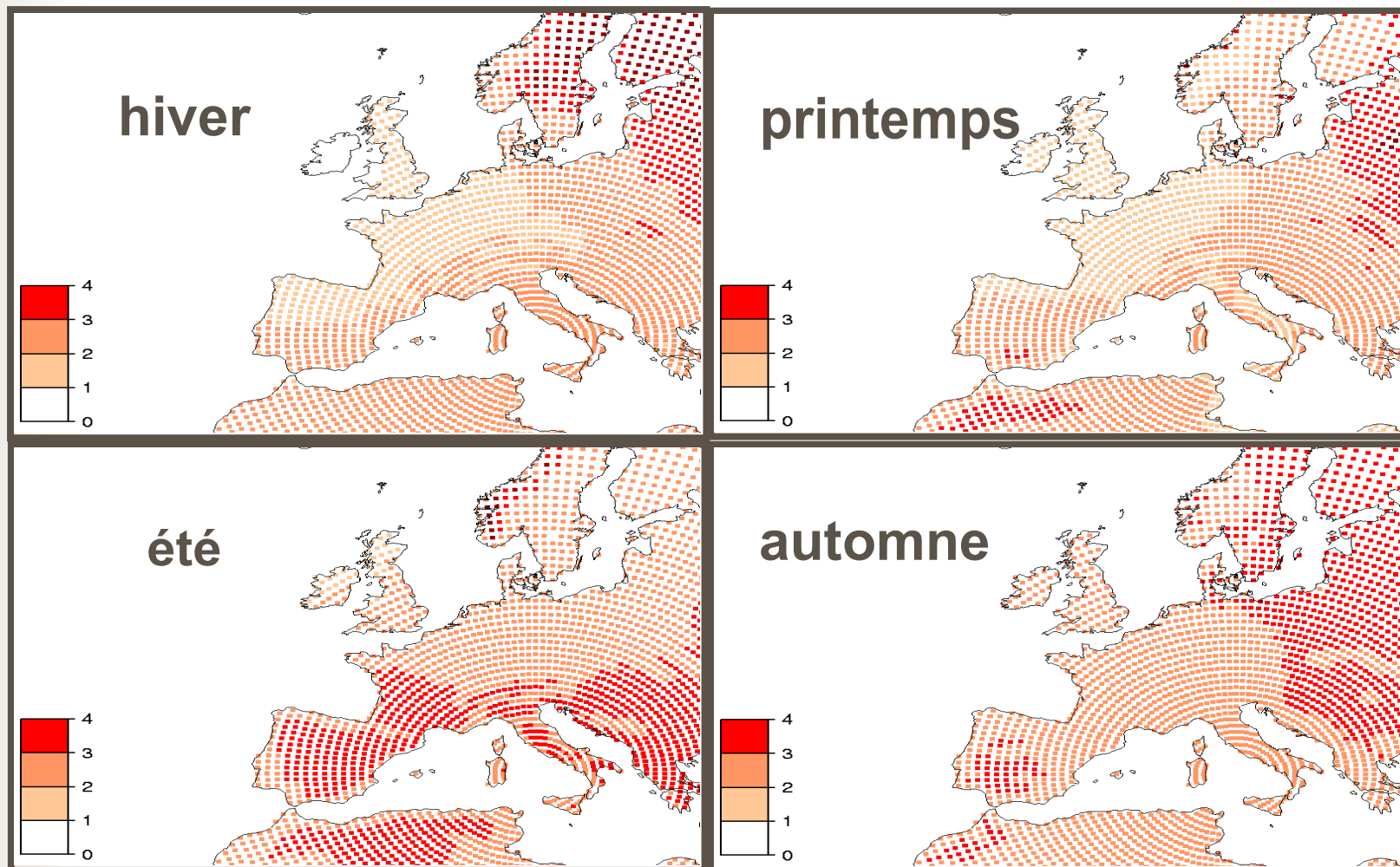
)7)

IPCC 4AR: Precipitation Projections

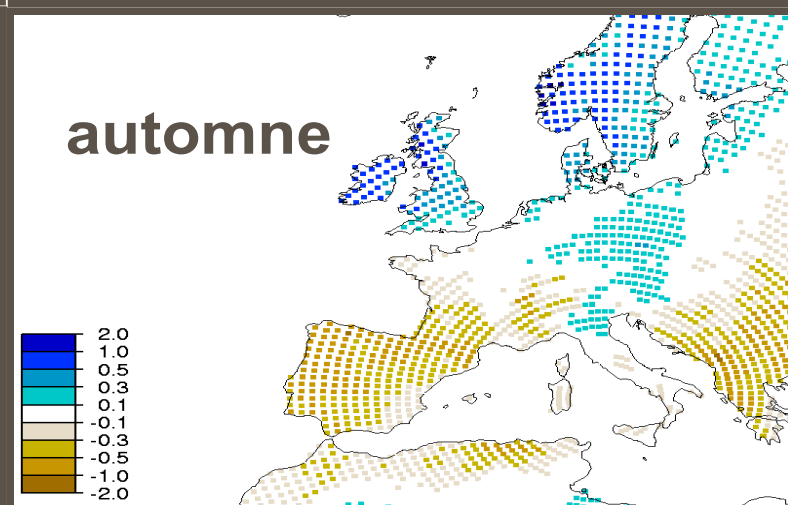
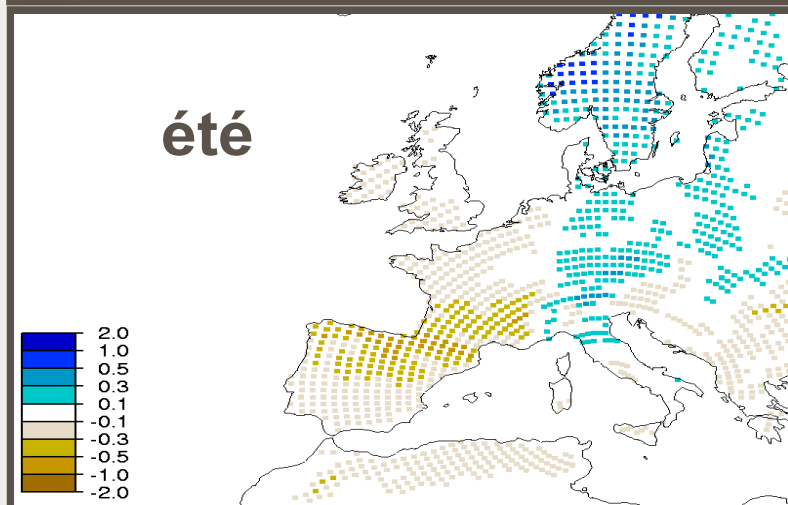
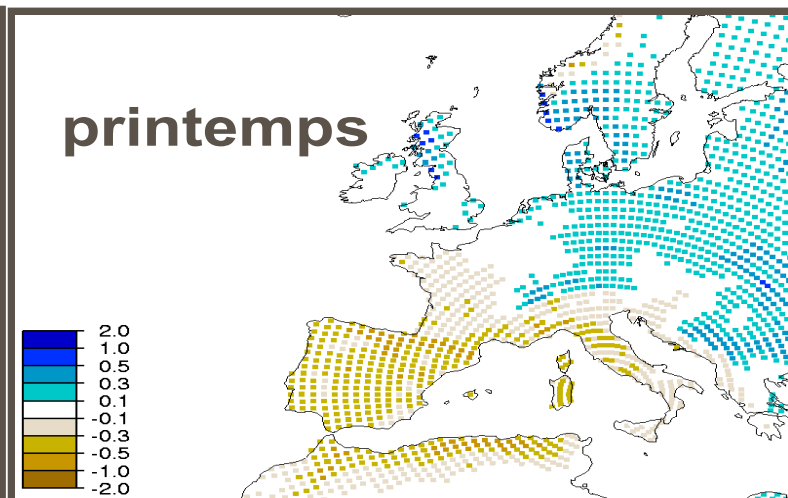
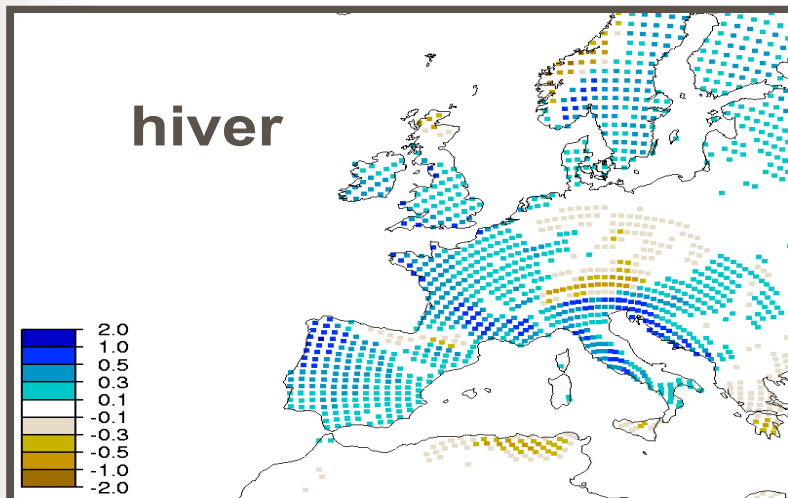
2080-2099



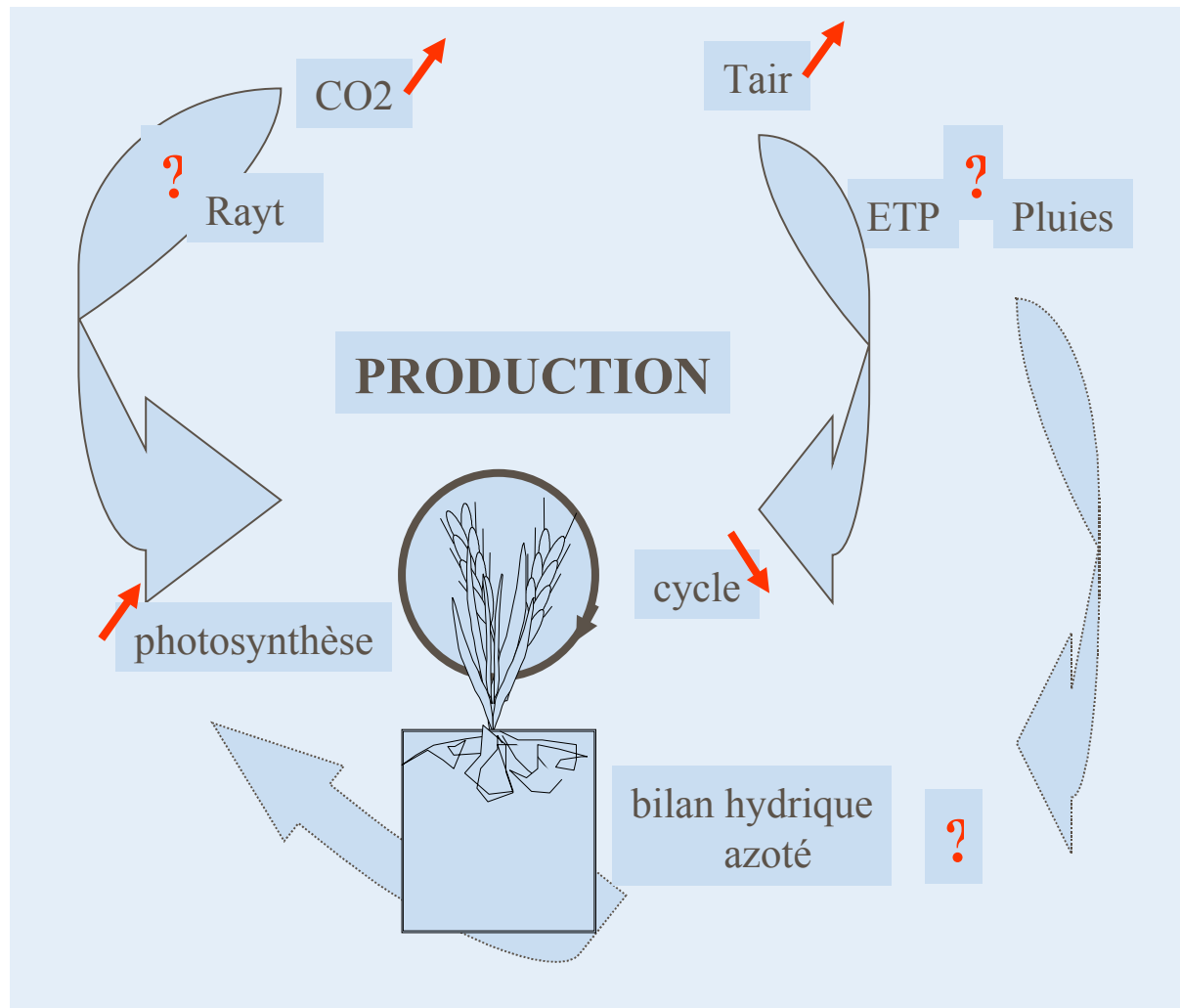
Changement de température à la fin du siècle (°C)



Changement de précipitations à la fin du siècle (mm/jour)



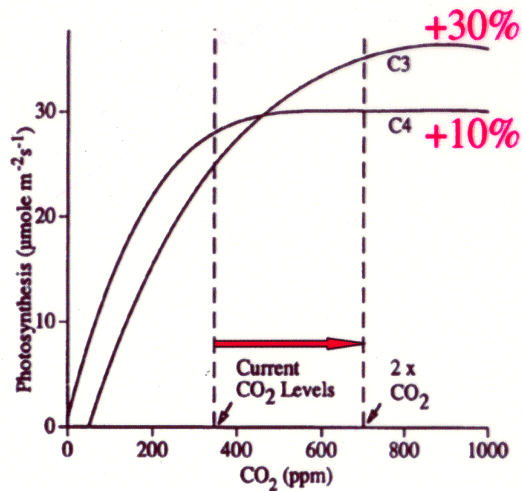
Les impacts sur la production végétale



Quel effet du changement climatique sur la production agricole?

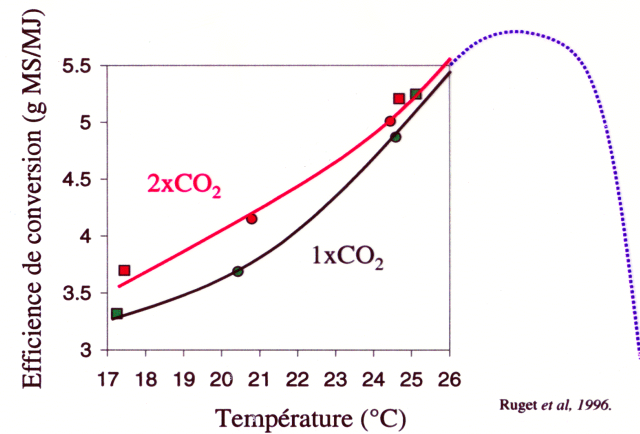


Augmentation du potentiel de production primaire



Des effets positifs...

- Augmentation de la photosynthèse
- Baisse de la transpiration



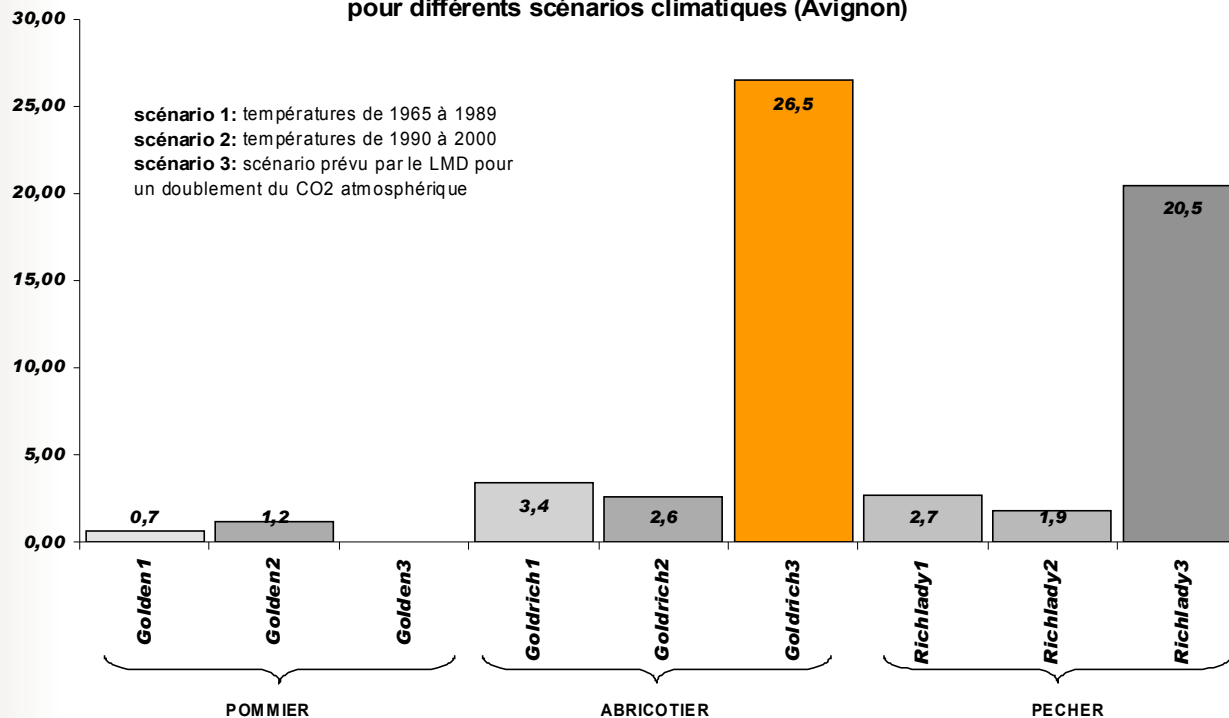
Des effets négatifs !

Durée des phases réduite, températures-seuils dépassées
Une inquiétude pour l'eau, facteur encore plus limitant ?

Les arbres fruitiers

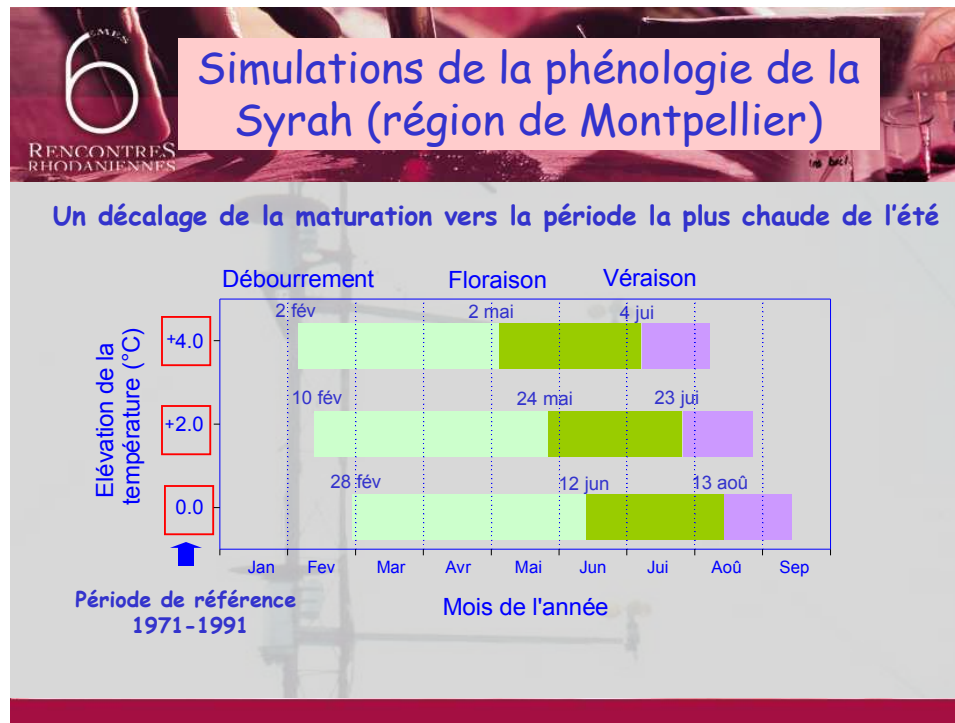
problème des hivers doux (levée de dormance),
avancée de la phénologie (floraison) → risques gel/mauvaise fécondation

Evaluation du pourcentage de dégâts de gel sur les productions fruitières
pour différents scénarios climatiques (Avignon)



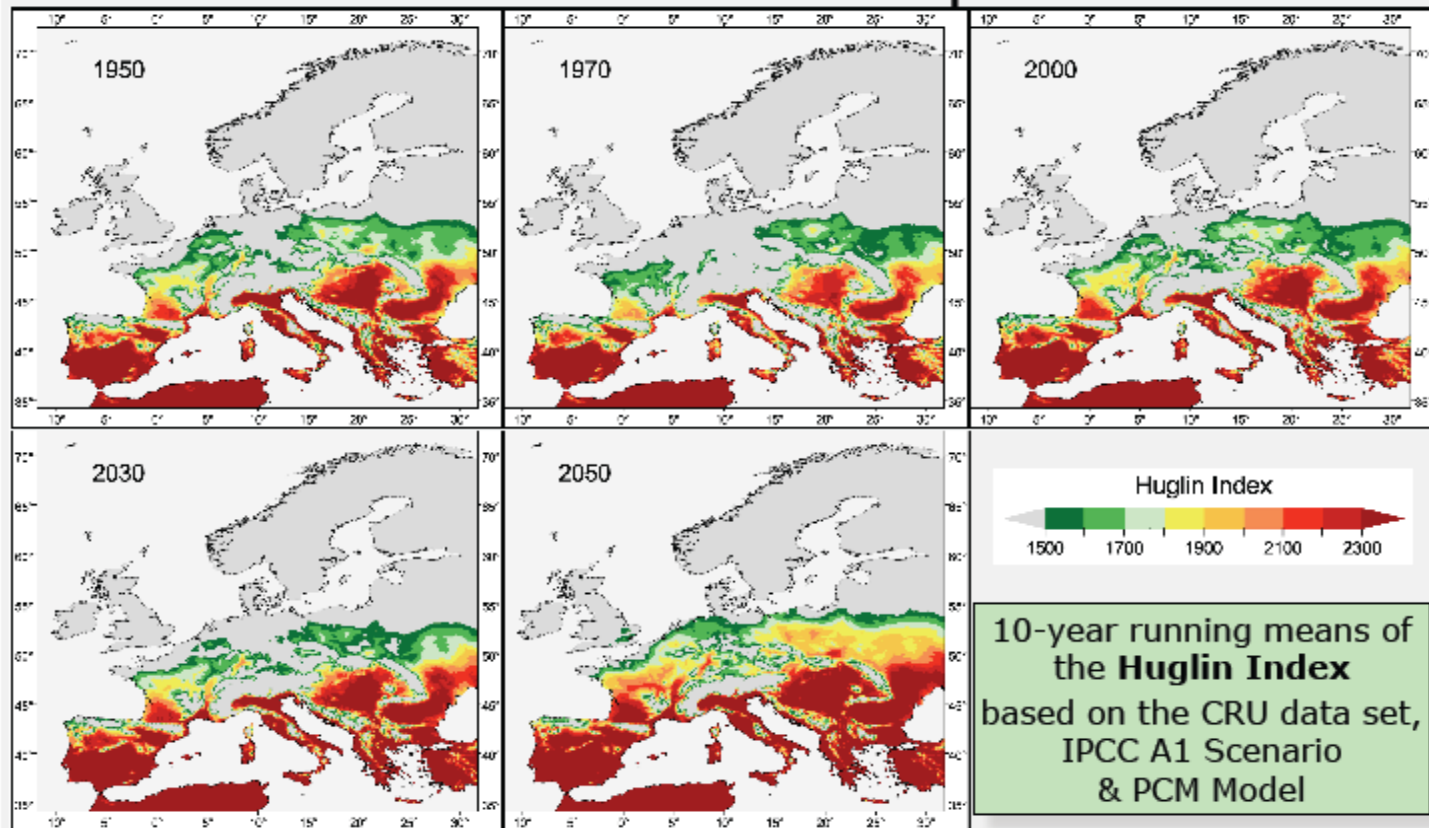
Domergue 2003

Phénologie de la vigne



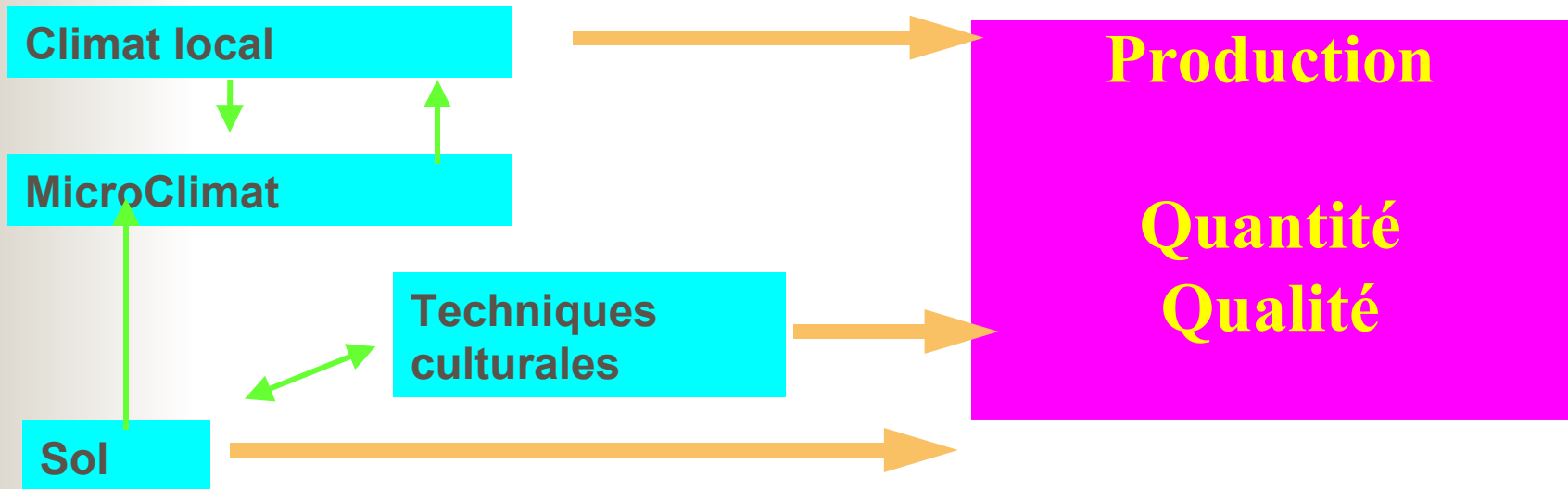
Lebon (2002)

Climate Change Impact Assessment for Viticulture in Europe



Stock, PIK

MODELES DE CULTURE



- **Intégration des connaissances**
microclimat lumineux, bilan hydrique, bilan d'énergie
- **Prise en compte des interactions**
« climat x sol x technique culturales »
- **À terme: intégration de critères de qualité** (composants biochimiques) en plus des critères classiques (sucre, acidité)

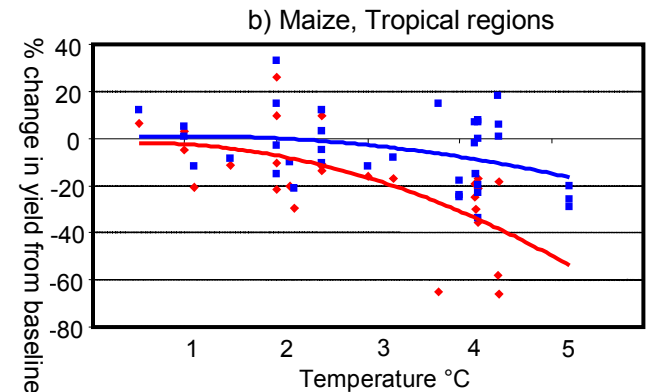
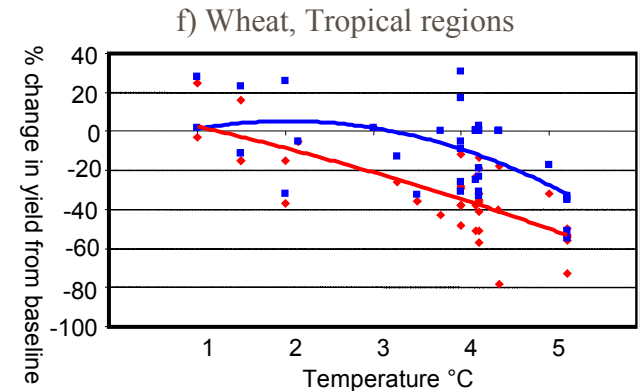
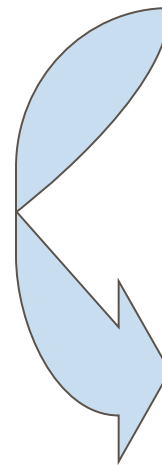
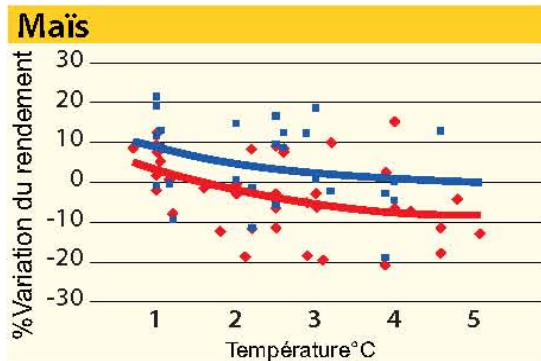
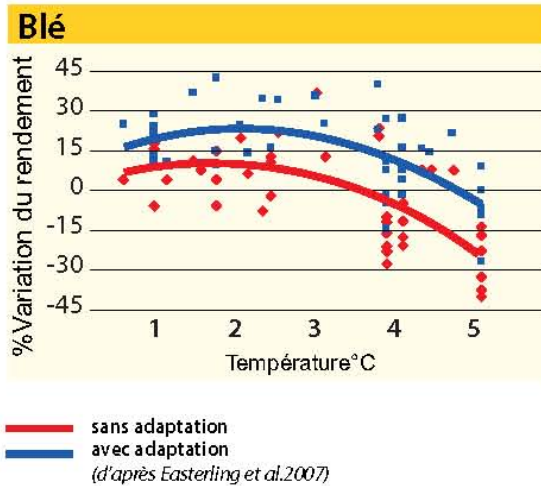


Adaptation des systèmes de culture

- . matériel génétique et choix variétal:
précocité, durée du cycle, optimum thermique,
besoins en froid, sensibilité au gel .
- . **ajustement des techniques culturales:**
dates de semis et jours disponibles pour implantation,
fertilisation/irrigation,
jours disponibles pour la récolte
- . **prise en compte des effets sur la santé des plantes**

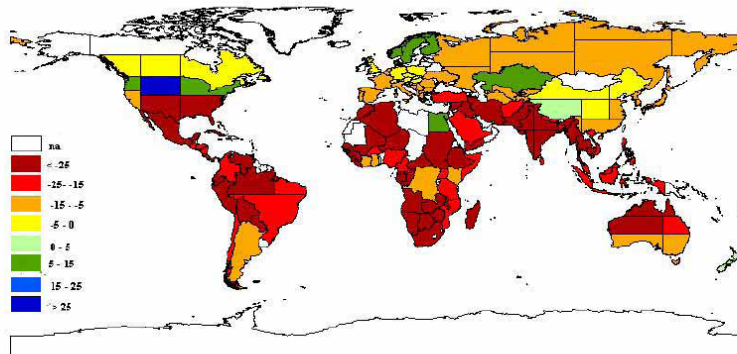
■ Pour les zones tempérées, si réchauffement limité à 2-3°, conséquences positives, avec un avantage si adaptation. Au-delà ???

mais pour les basses latitudes

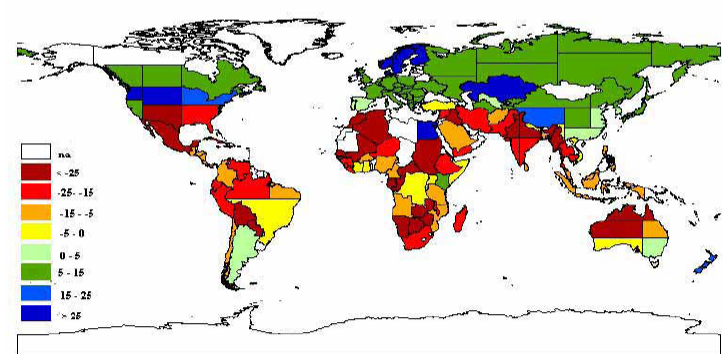


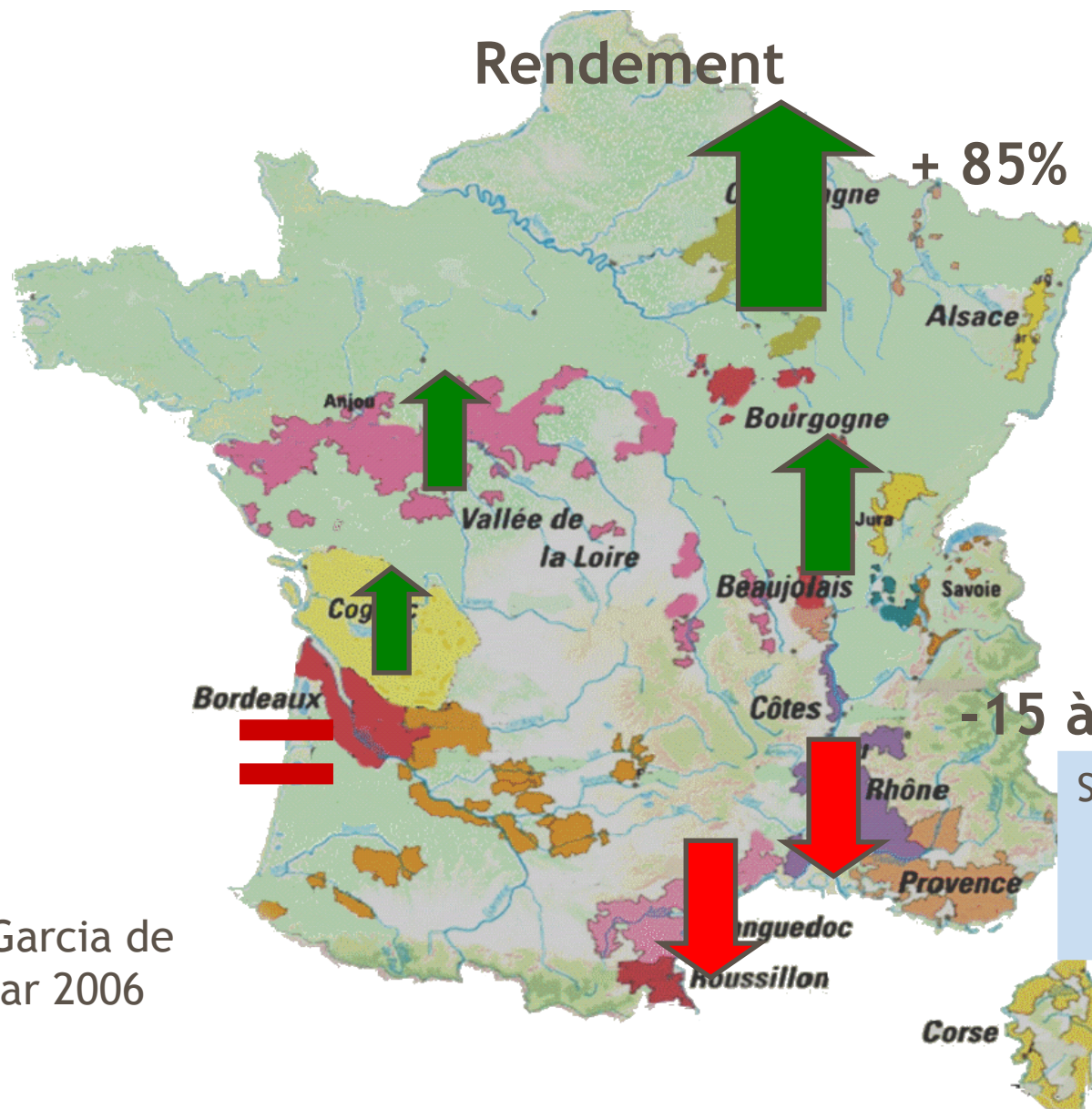
Le contraste Nord-Sud accentué

Impact on Agricultural Productivity without Carbon Fertilization (percent)



Impact on Agricultural Productivity with Carbon Fertilization (percent)





+ 85%

-15 à - 35%

STRESS Thermique, hydrique et raccourcissement du cycle

Thèse I.Garcia de Cortazar 2006

Intensité dépend du type du sol



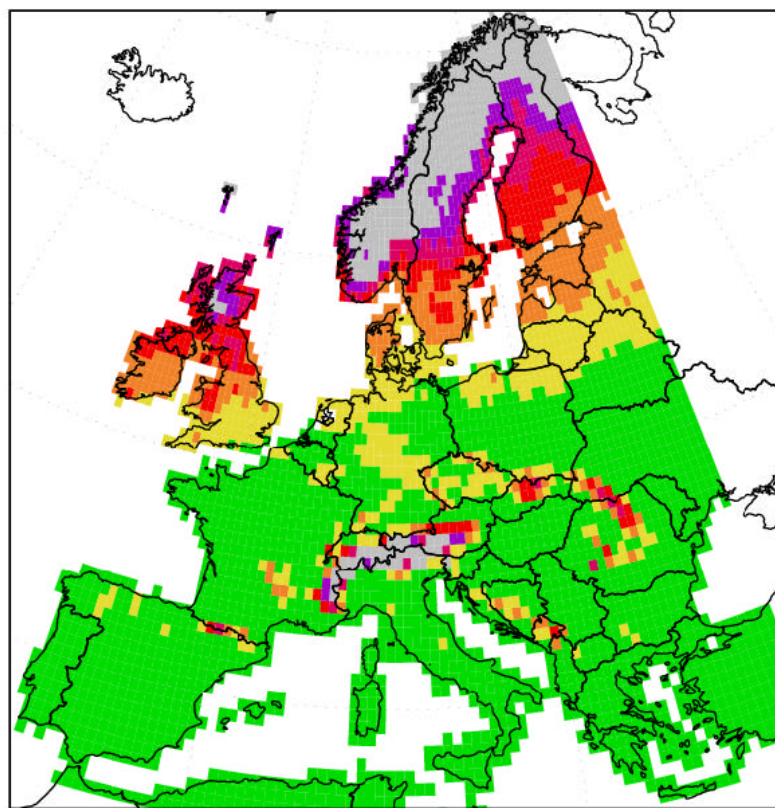
Adaptation par déplacement géographique ?

- +1° ~ 200km vers le nord ou 150m en altitude: peu d'évidences d'évolution récente..
- mais pour le futur, nécessité d'envisager le déplacement des zones de production (révision des potentialités , introduction de nouvelles cultures)..

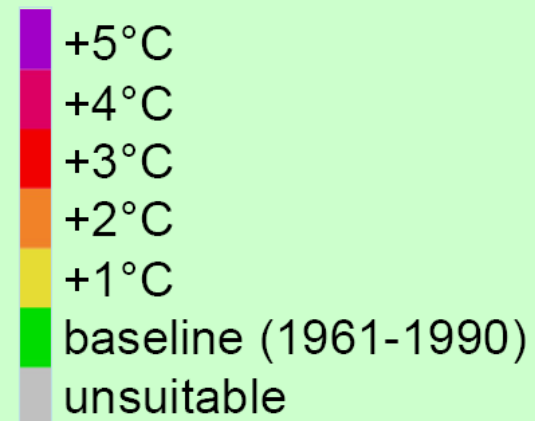
quid du contexte économique ? et les terroirs !!!



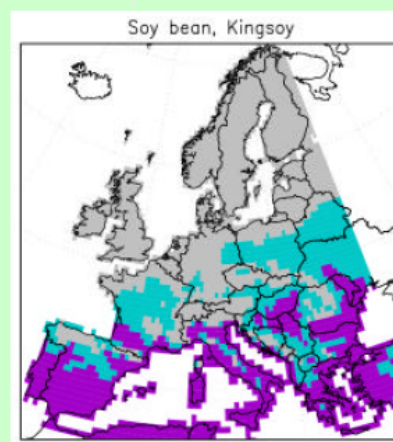
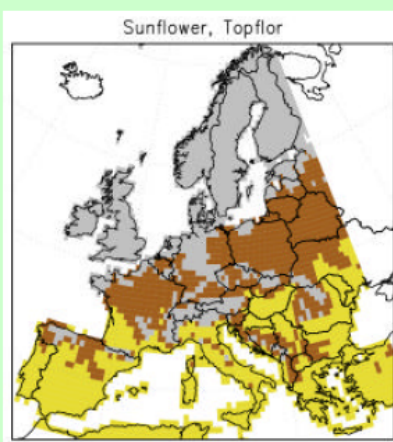
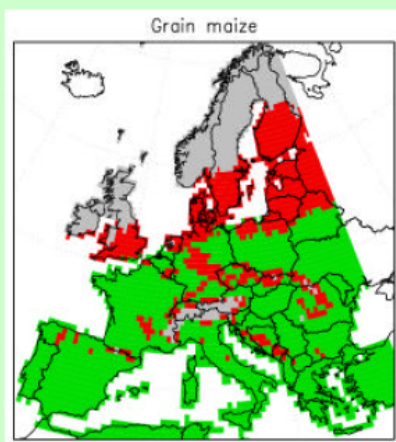
Suitability for grain maize cultivation with increasing temperature



Expansion of suitable
area with increased
temperature



Suitability for grain maize, sunflower and soya, 2050s

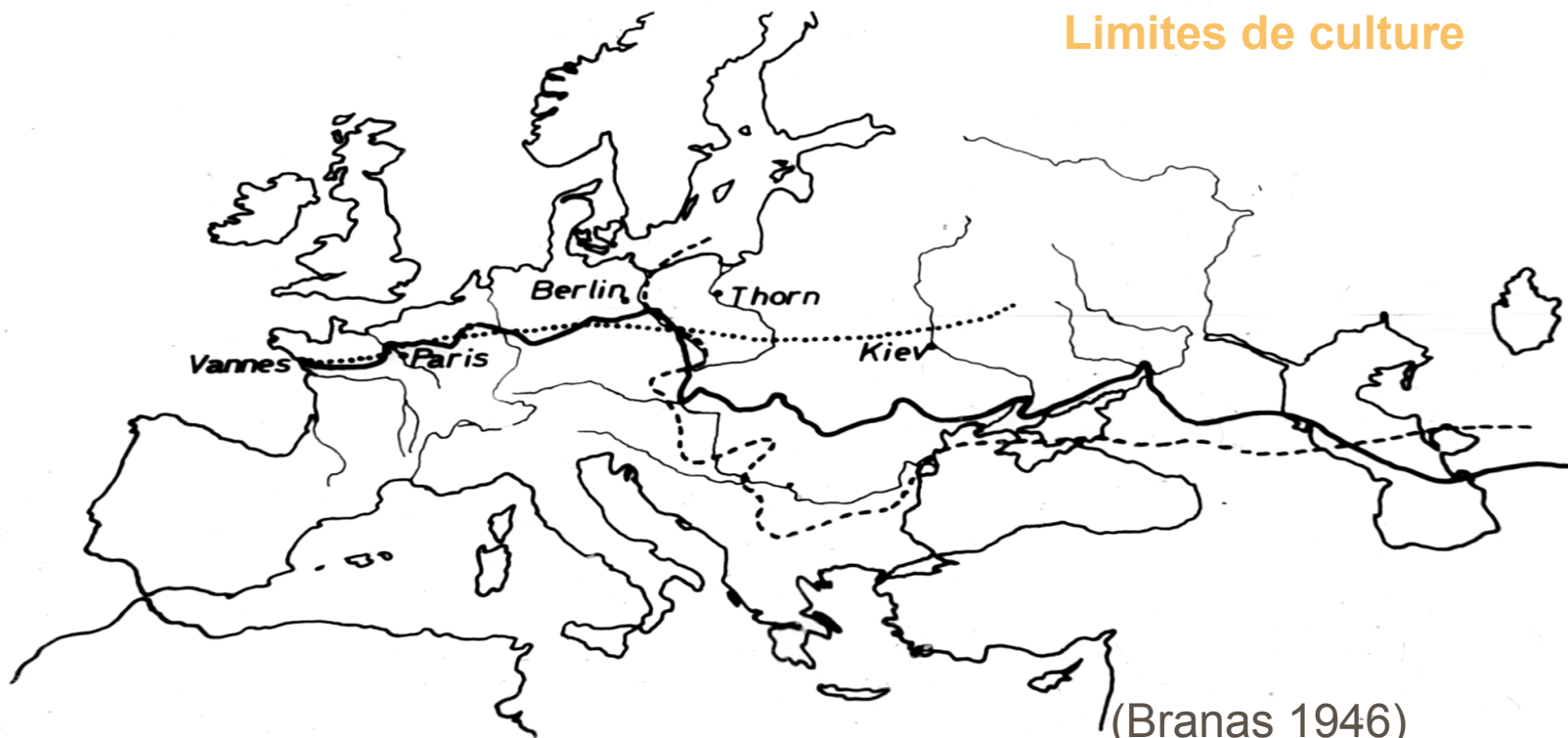


red/brown/blue: suitability extension
 green/yellow/purple: Baseline 1961-90

CLIMAT ET PRODUCTION VITICOLE

LIMITE SEPTENTRIONALE DE LA VIGNE EN EUROPE

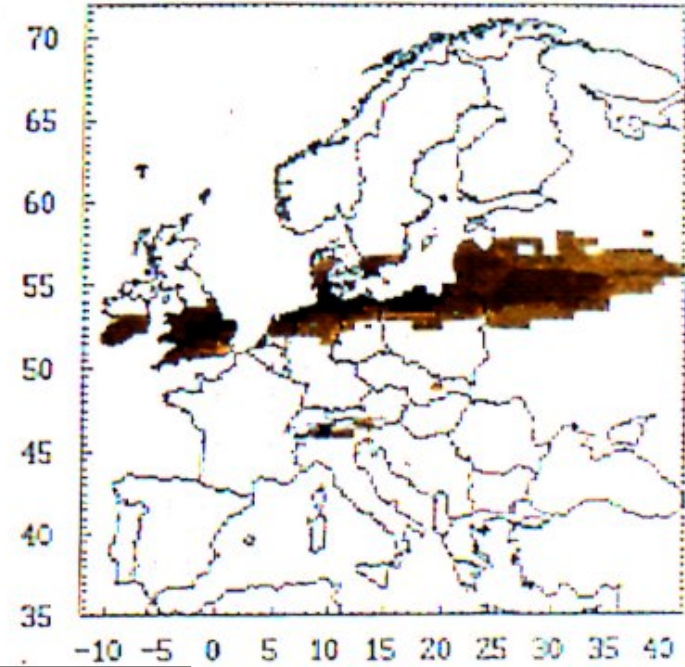
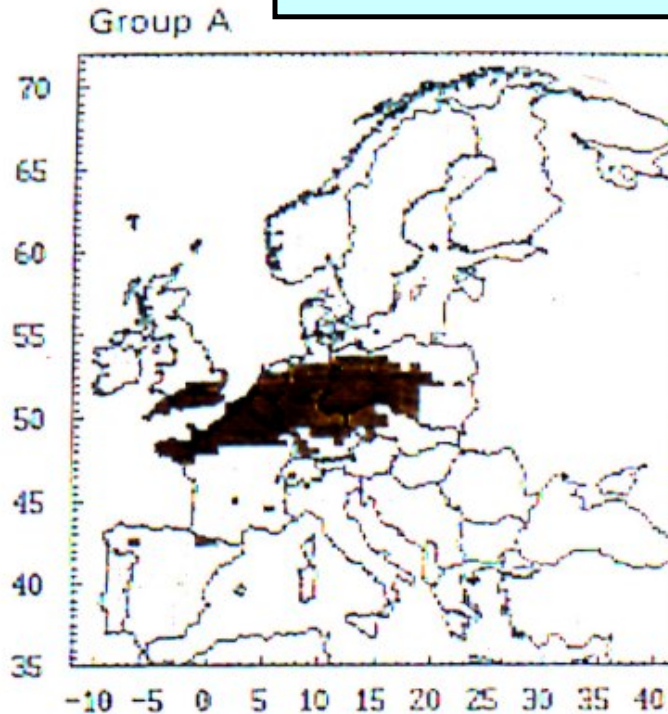
- Limite Nord de la culture de la vigne
- Isohéliotherme 2.6
- - - - Isotherme -1°C en janvier



Aptitude géographique des cépages

maintenant

L'avenir



Müller-Thurgau



aptitude

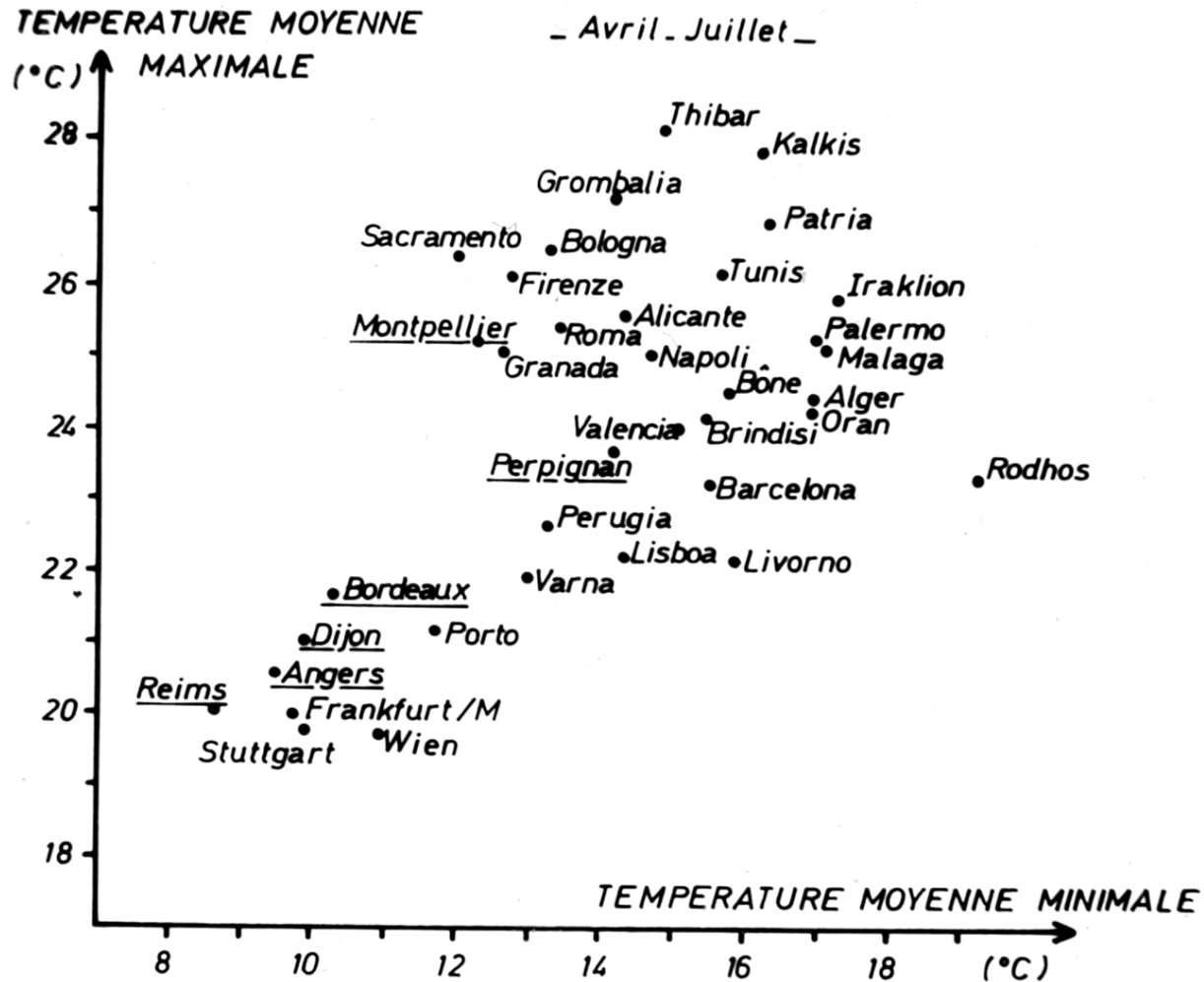
haut

moyenne

bas

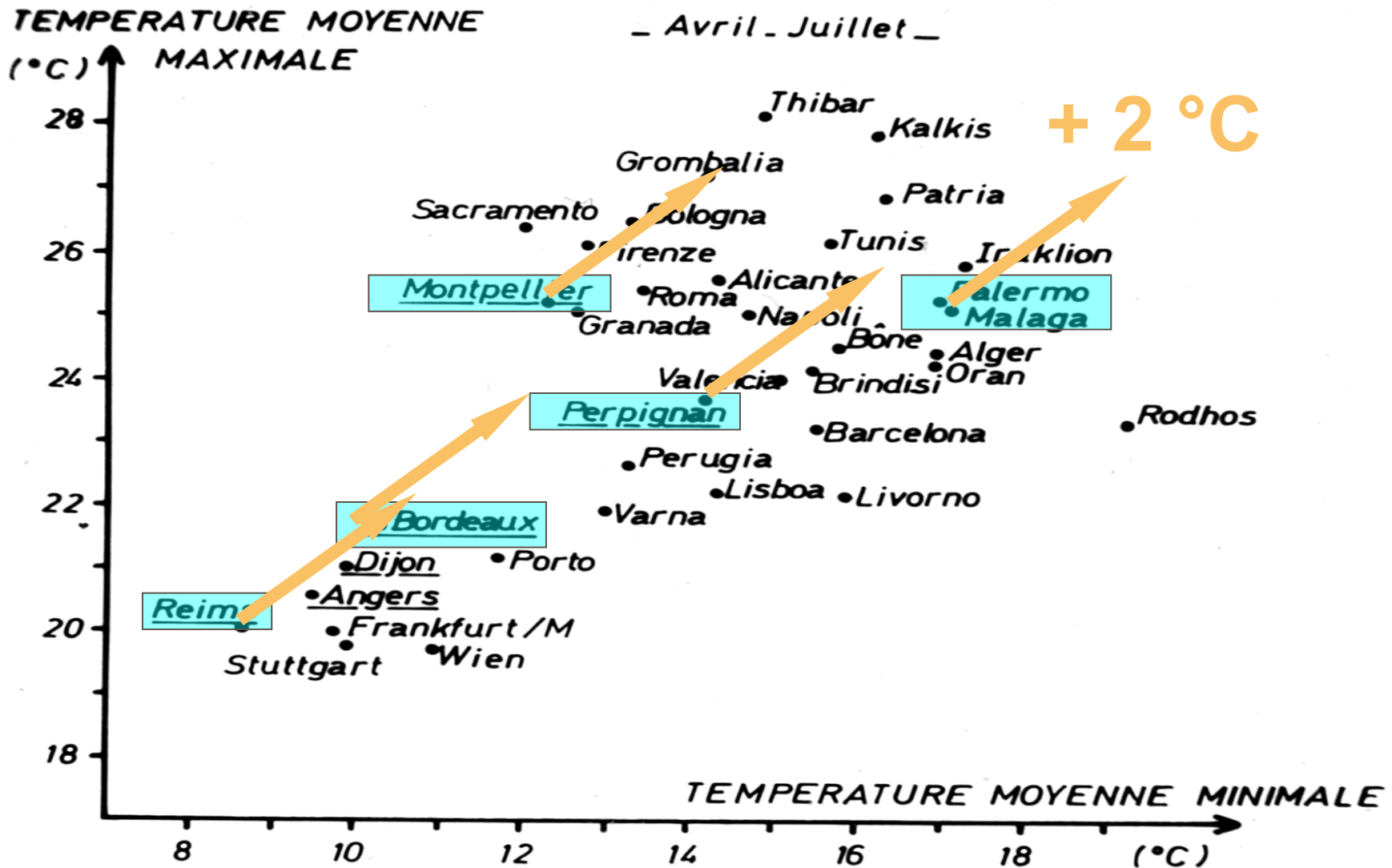
Kenny and Harrison (1993)

Et les terroirs ??



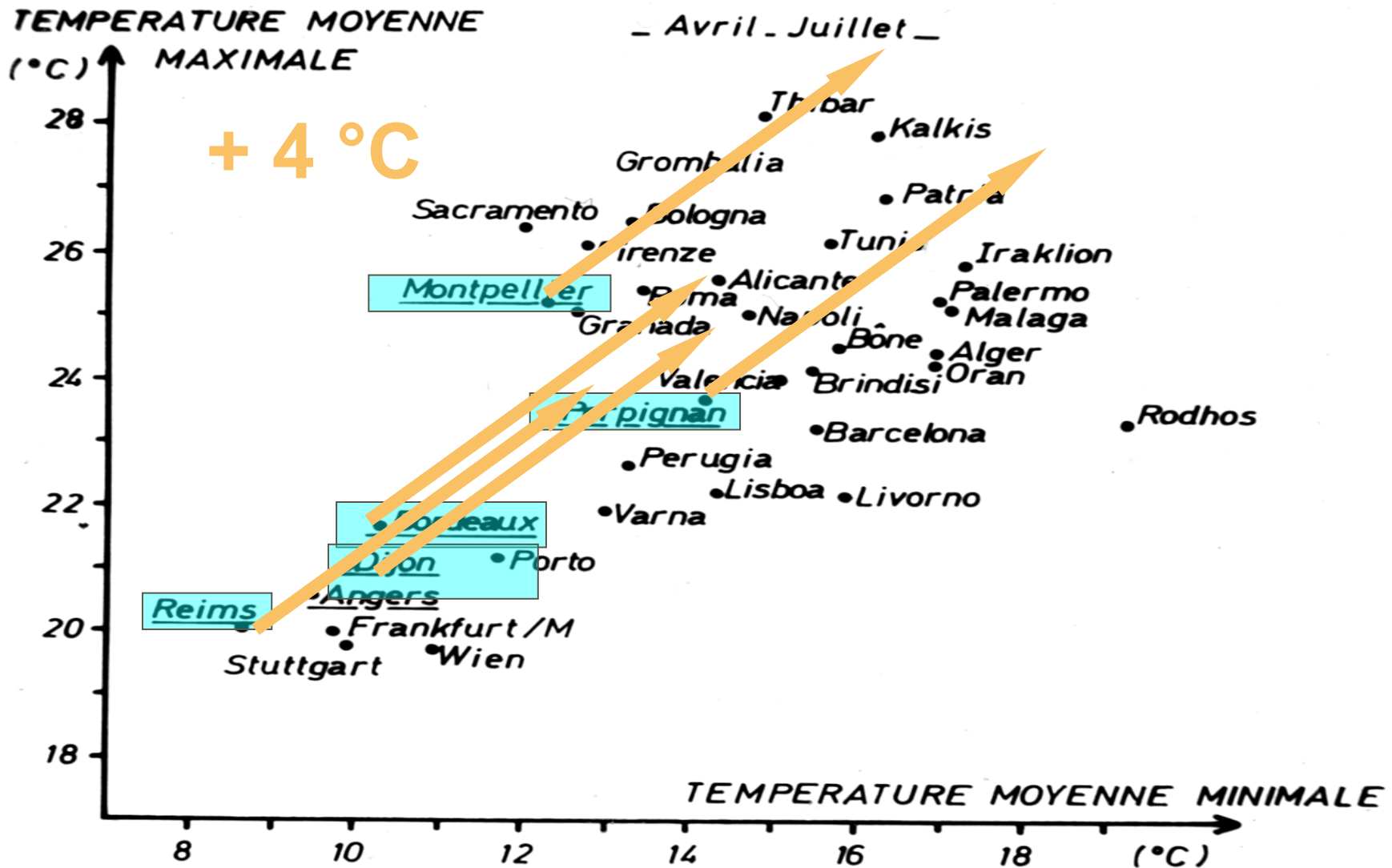
Nigond (1972)

EFFET DU RECHAUFFEMENT ??

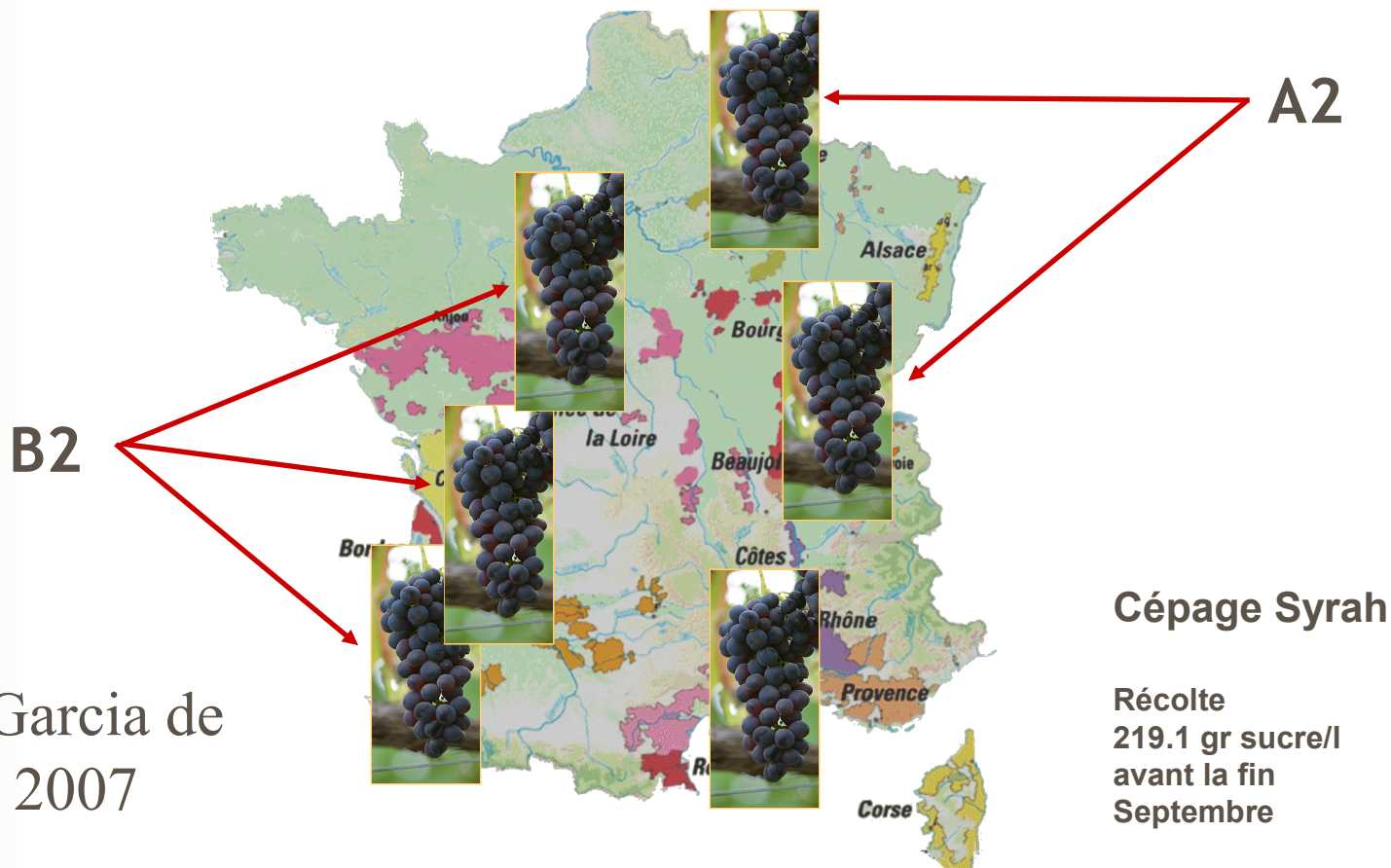


EFFET DU RECHAUFFEMENT

?????



Quelle mobilité pour la vigne?



Thèse I.Garcia de
Cortazar 2007

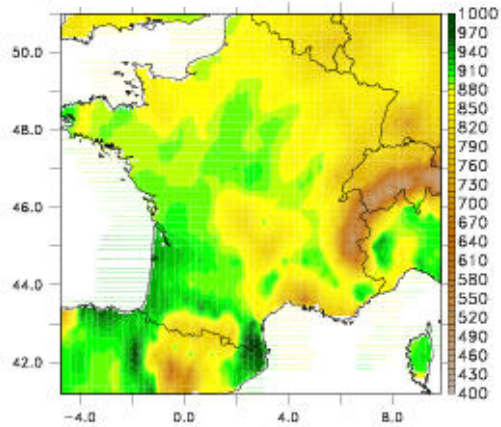
Les impacts prévus – Production

NPP (gC/m²/an)

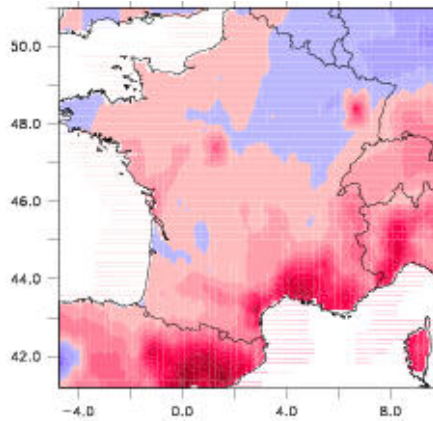
Temperate needle leaf forest (maritime pine)

Soil water field capacity = 0.1 cm³/cm³ (200mm over 2m)

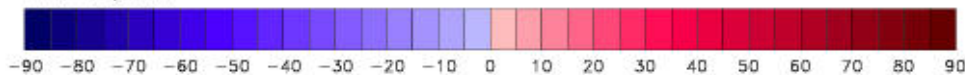
Rel **Actuel** (1975)



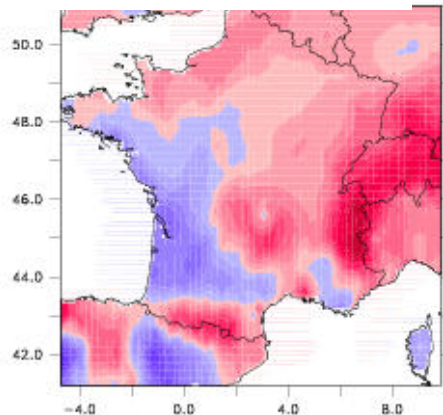
Anomalie 2008



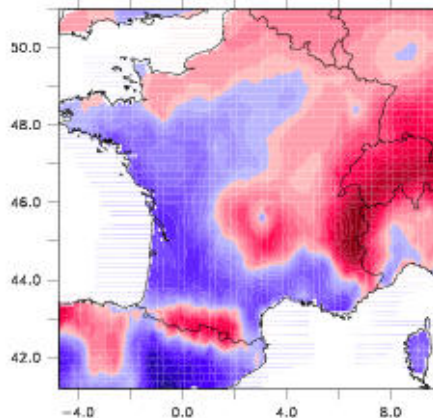
Anomaly bar



Anomalie 2048



Anomalie 2088



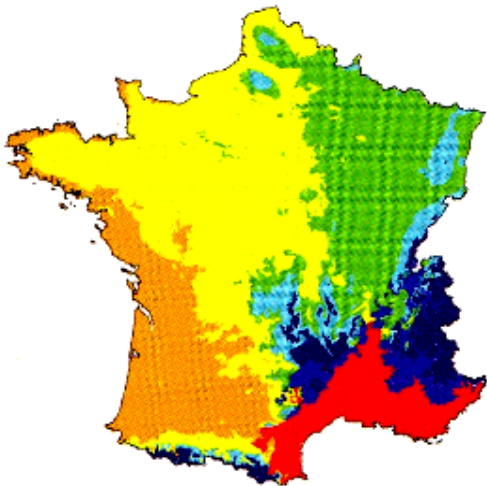
- Oppositions Nord – Sud et Est – ouest
- Variations à petite échelle
- Inversion ~ 2040



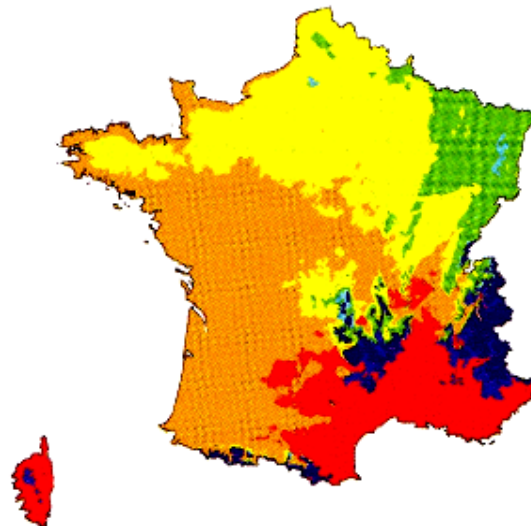
impacts prédits

- Aire potentielle des espèces, des biomes
aire potentielle de 8 groupes biogéographiques

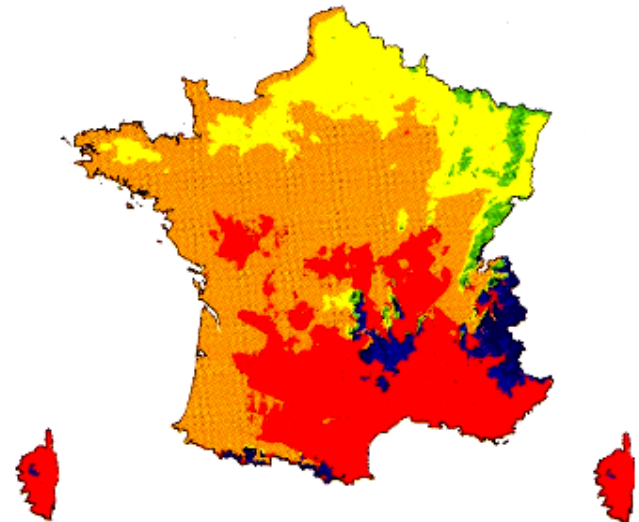
A – climat actuel



B – climat 2050



C – climat 2100



Badeau et al, 2007

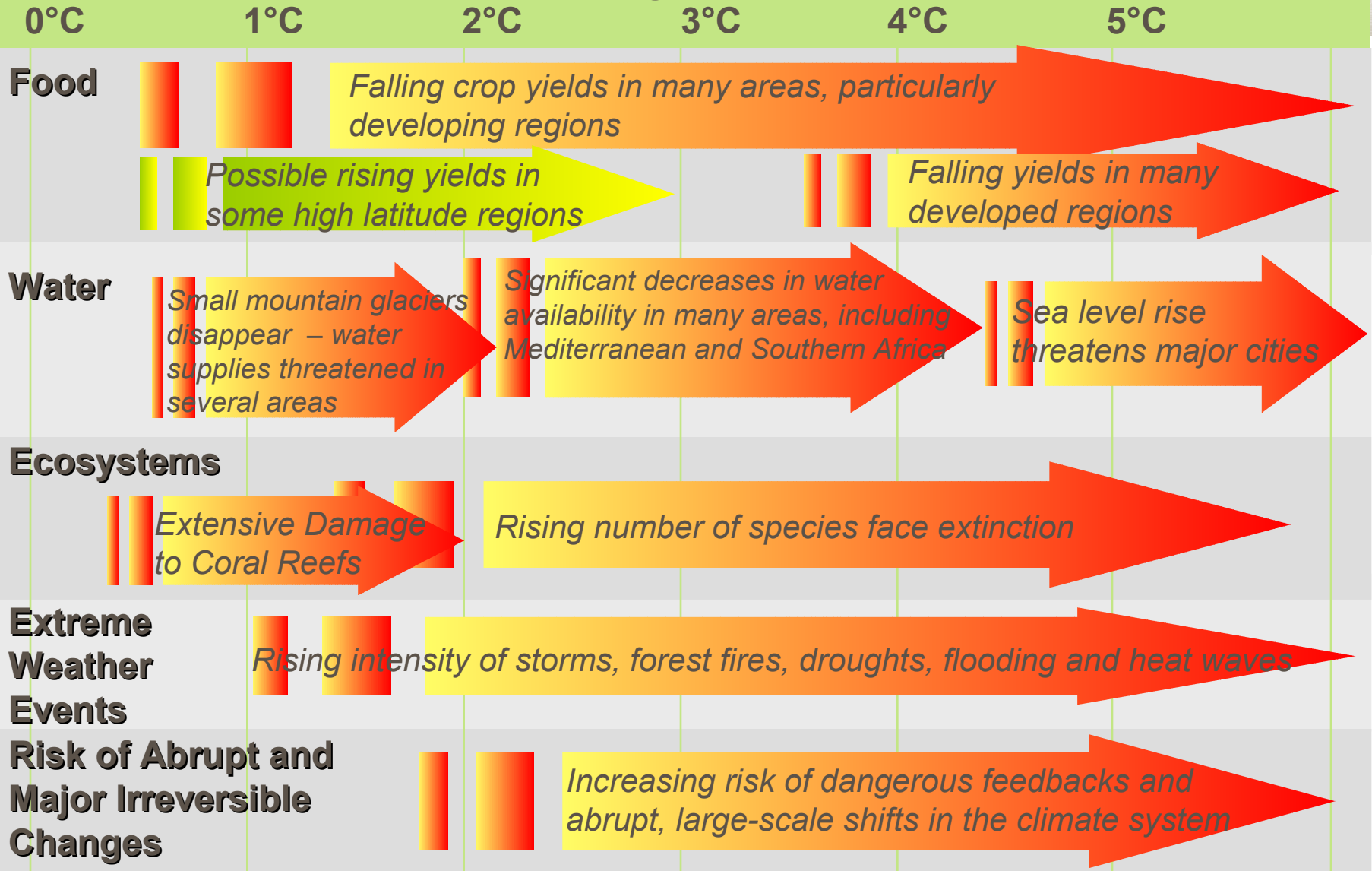


Maladies et insectes

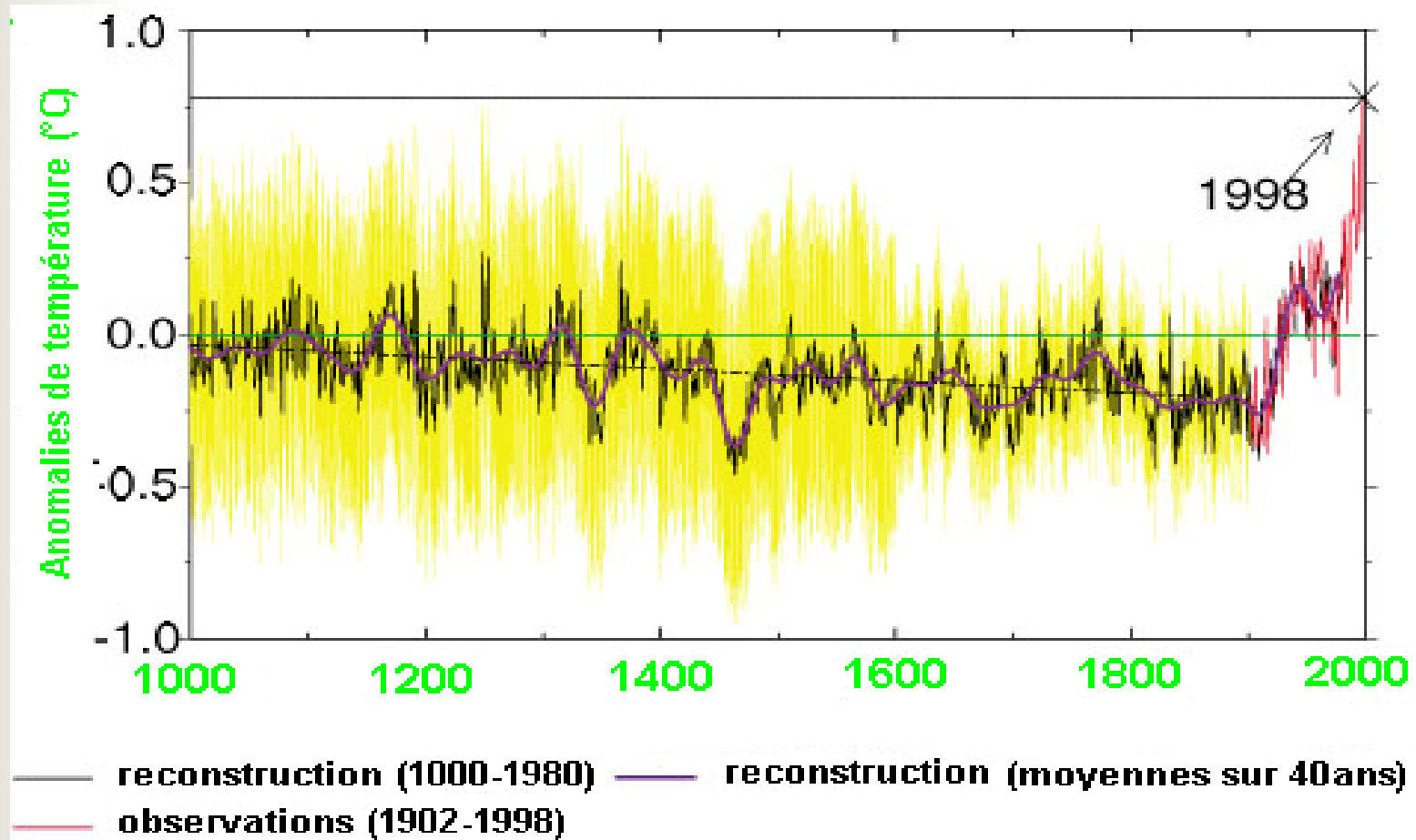
- effets directs des facteurs climatiques :
 - augmentation valeurs moyennes
 - effets de seuil
(ex ..encre du chataignier)
- effets indirects (relations hôte/parasite):
 - décalages de phénologie
 - nutrition azotée et teneur en protéines

report, 2006)

Global temperature change (relative to pre-industrial)



Température moyenne de l'hémisphère nord (Mann et al, 1999)



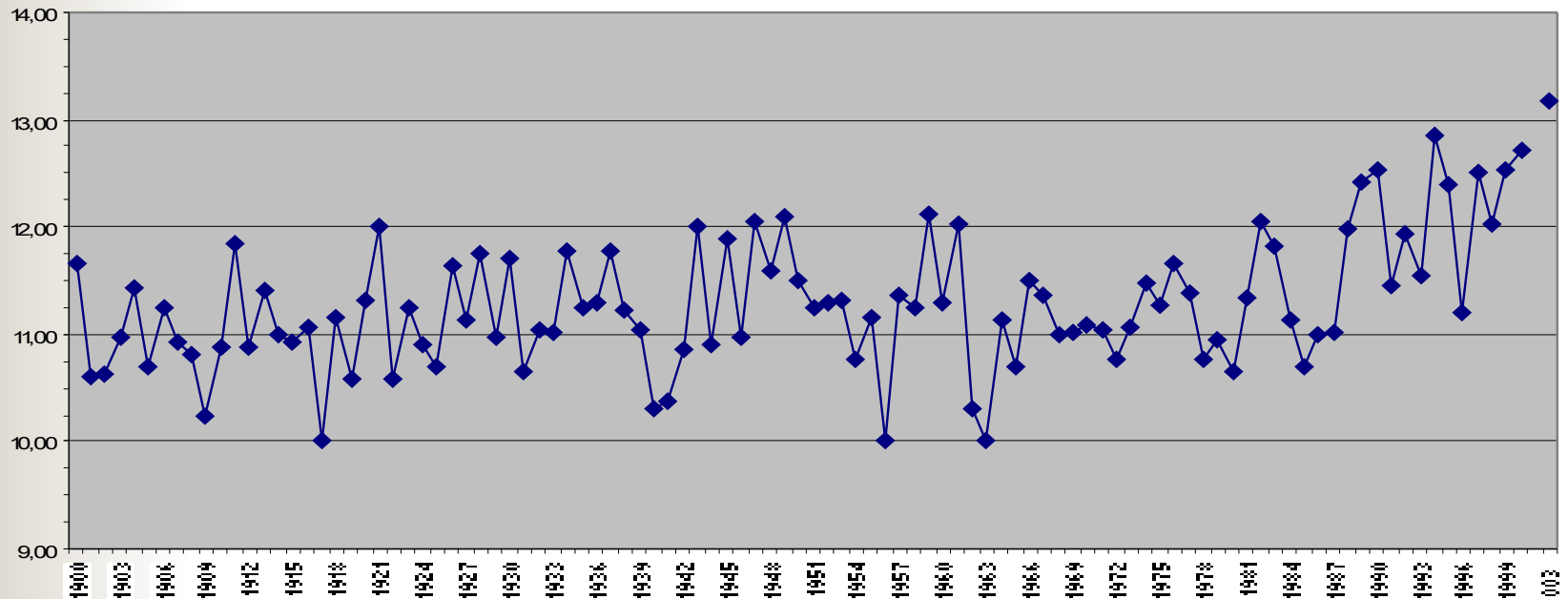
TEMPERATURE OVER THE PAST 1000 YEARS

Reconstructions of northern hemisphere temperature vary but all suggest it is warmer now than at any time in the past 1000 years



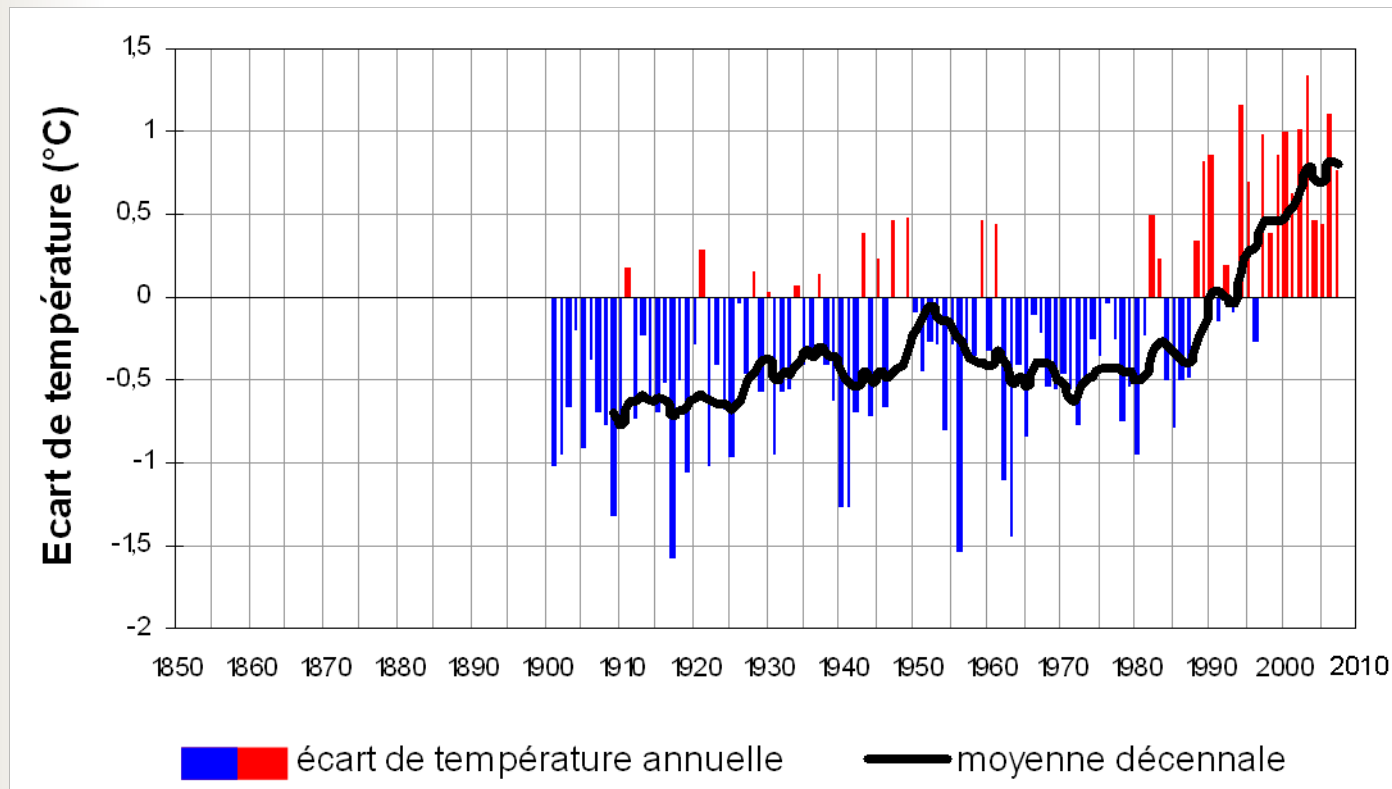
Le climat stationnaire... c'est fini !!!

FIGURE 1: TEMPERATURE MOYENNE ANNUELLE SUR LA FRANCE MÉTÉOFRANCE [°C]

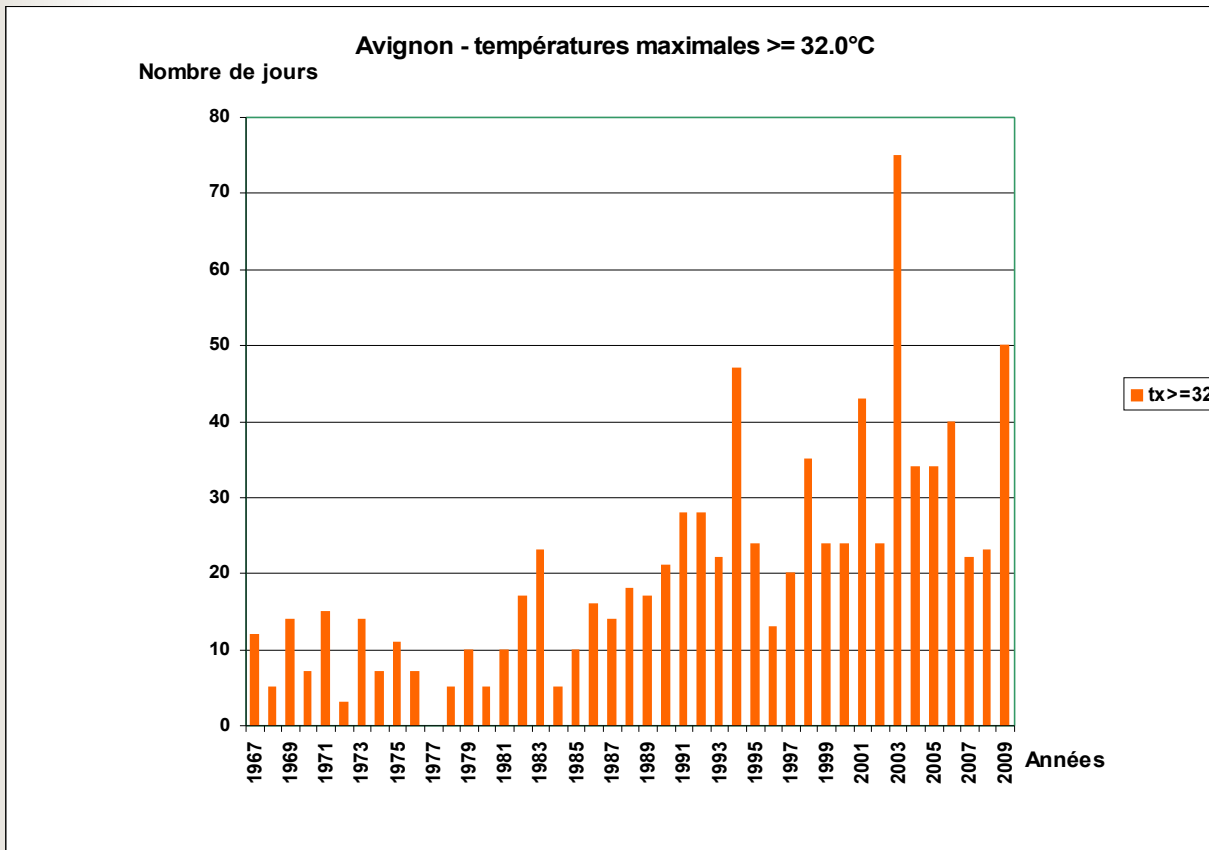


19/12/2002-31/01/2003

Le climat stationnaire...c'est fini !!!

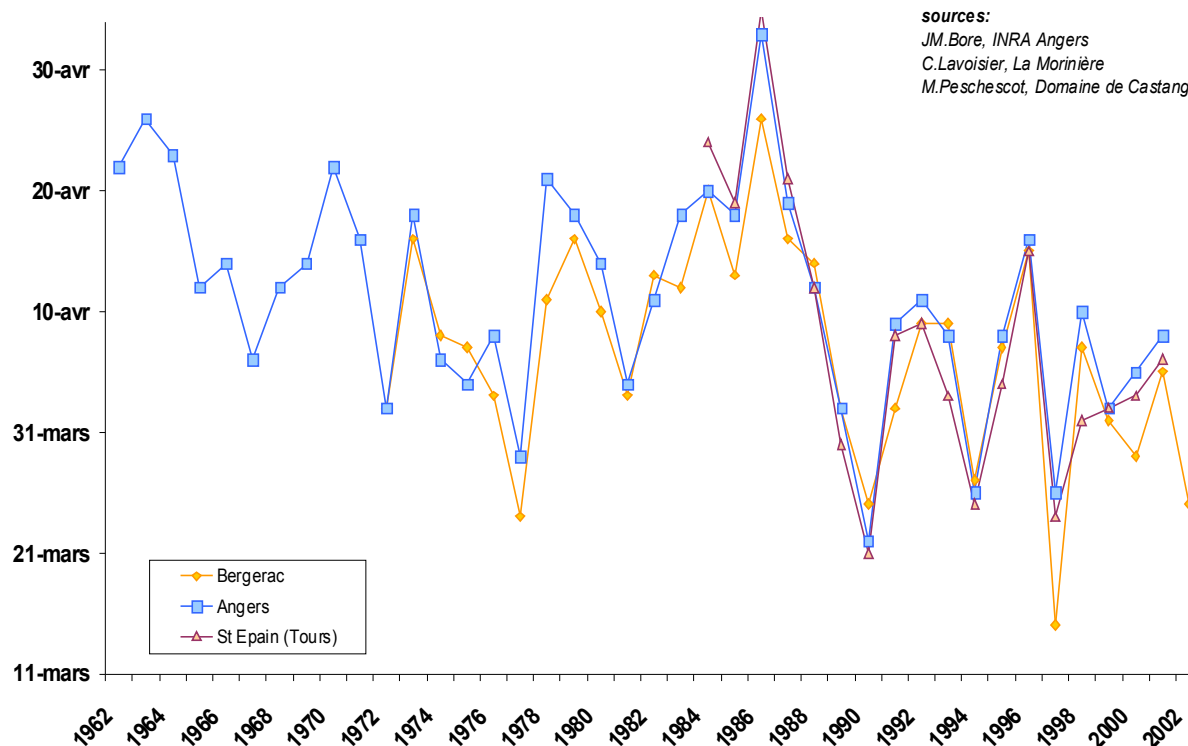


La durée de l'été augmente

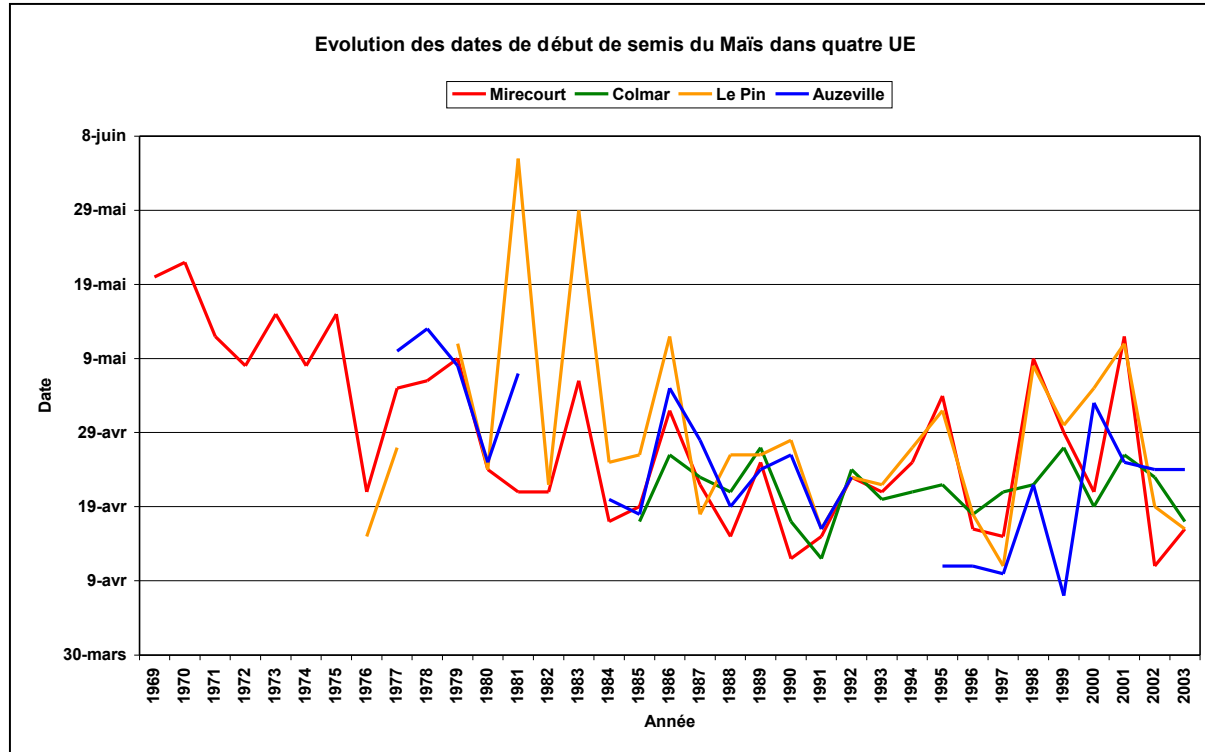


La floraison des arbres fruitiers (poire Williams)

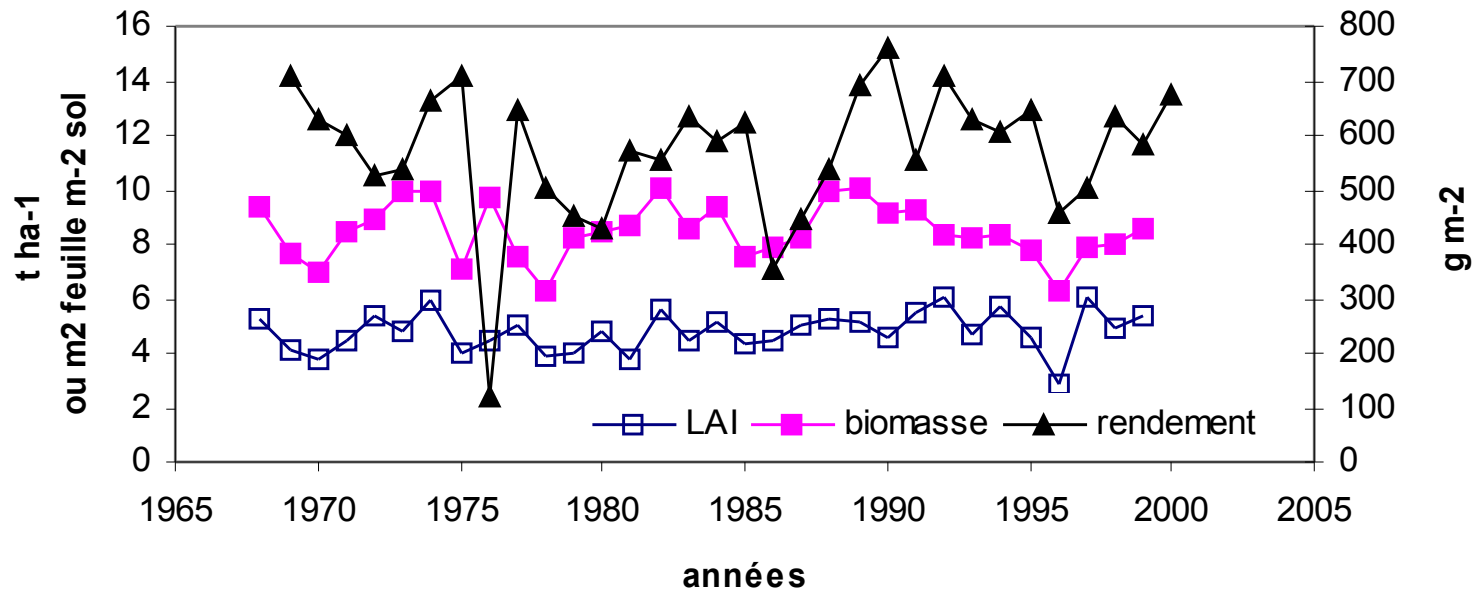
Evolution de la période de floraison (F2) de la poire Williams depuis 1962



Les pratiques culturales



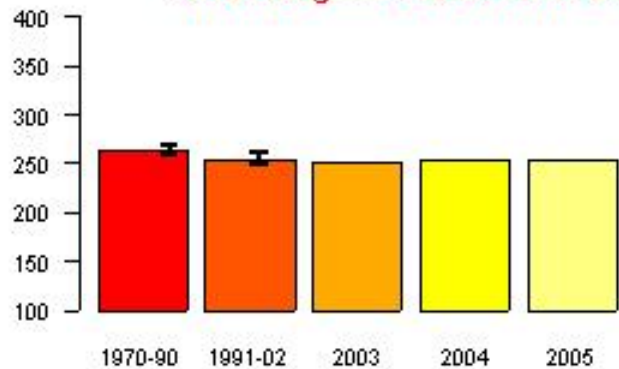
Des effets sur le rendement?



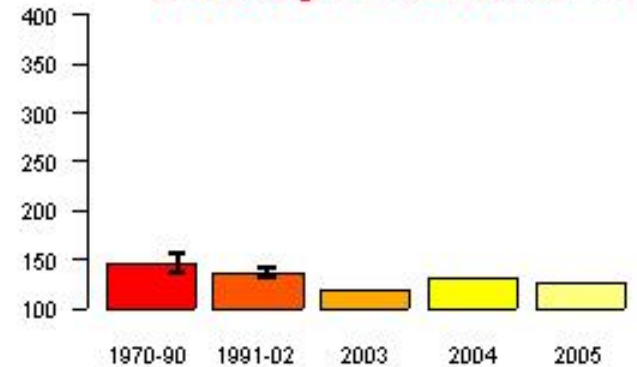
Evolution des composantes du rendement simulées par le modèle STICS à Versailles pour le blé (1965-2000) en gardant le même système de culture (variété Soissons, sans irrigation, fertilisation 150 unités d'azote).

Simulations STICS (2) : durée du cycle

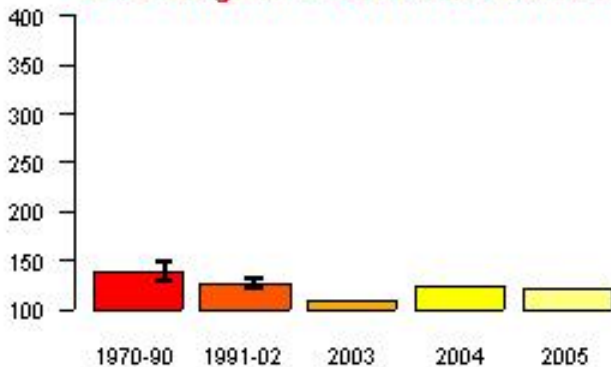
SITE: avignon -- CULTURE: ble



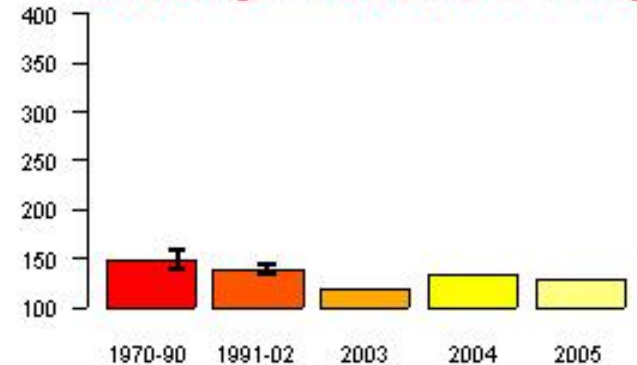
SITE: avignon -- CULTURE: maïs



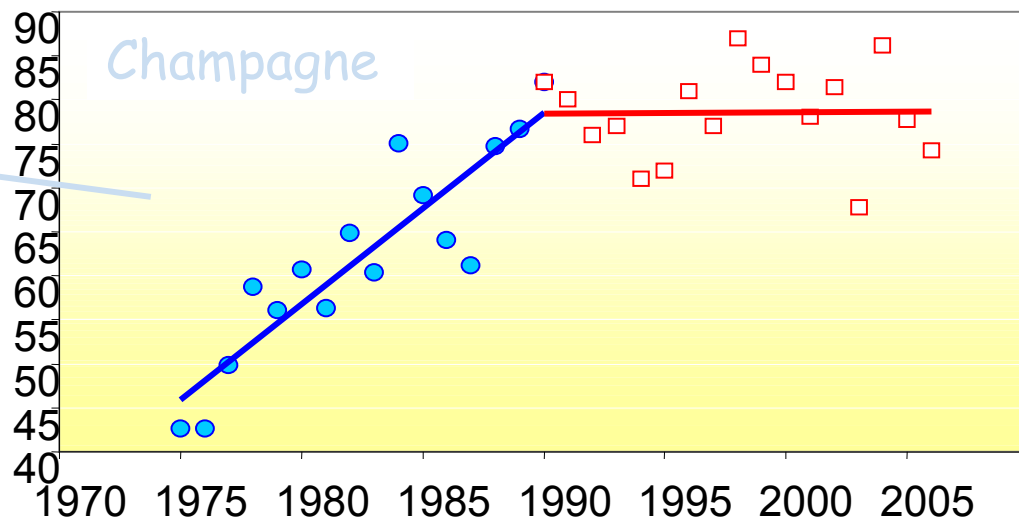
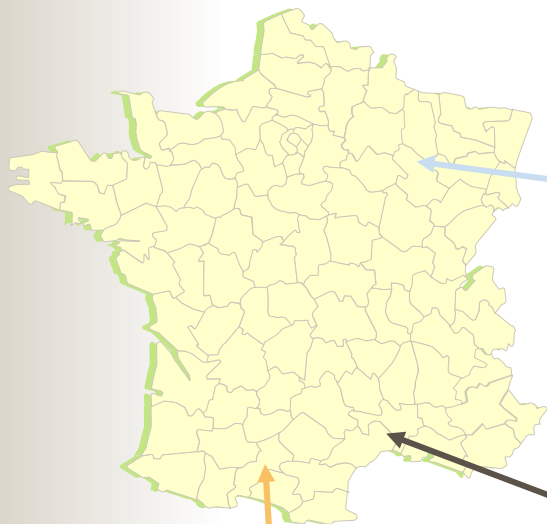
SITE: avignon -- CULTURE: tournesol



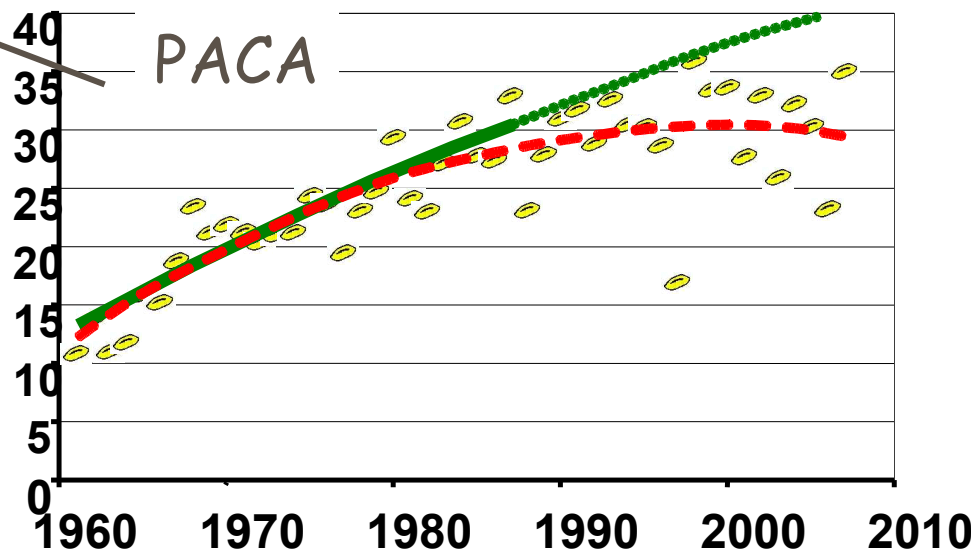
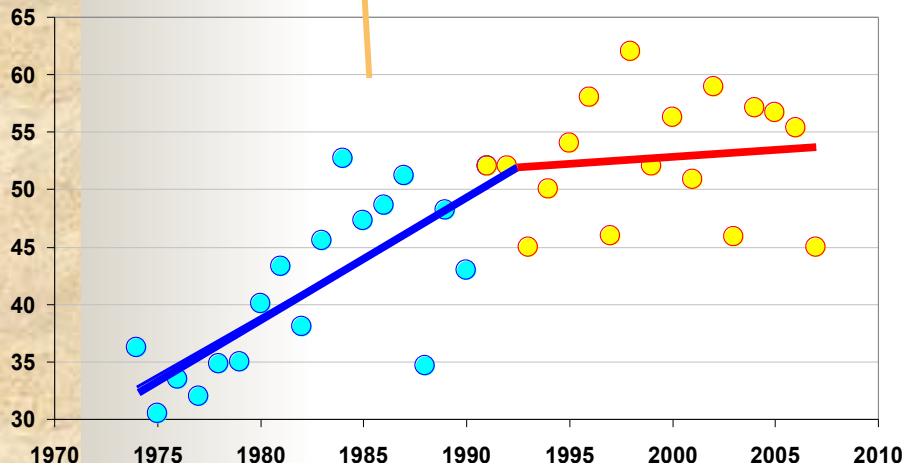
SITE: avignon -- CULTURE: maïs irrig

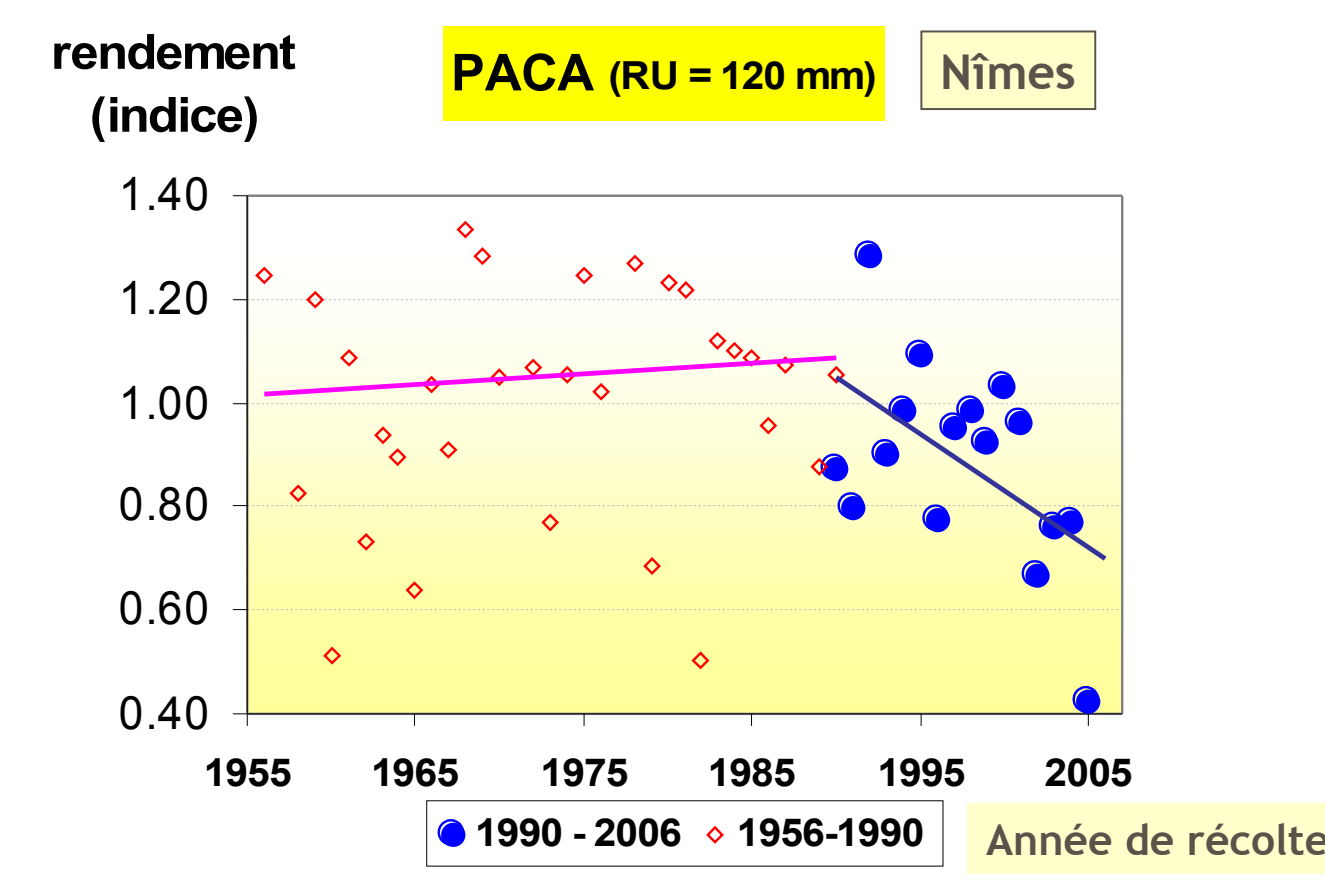


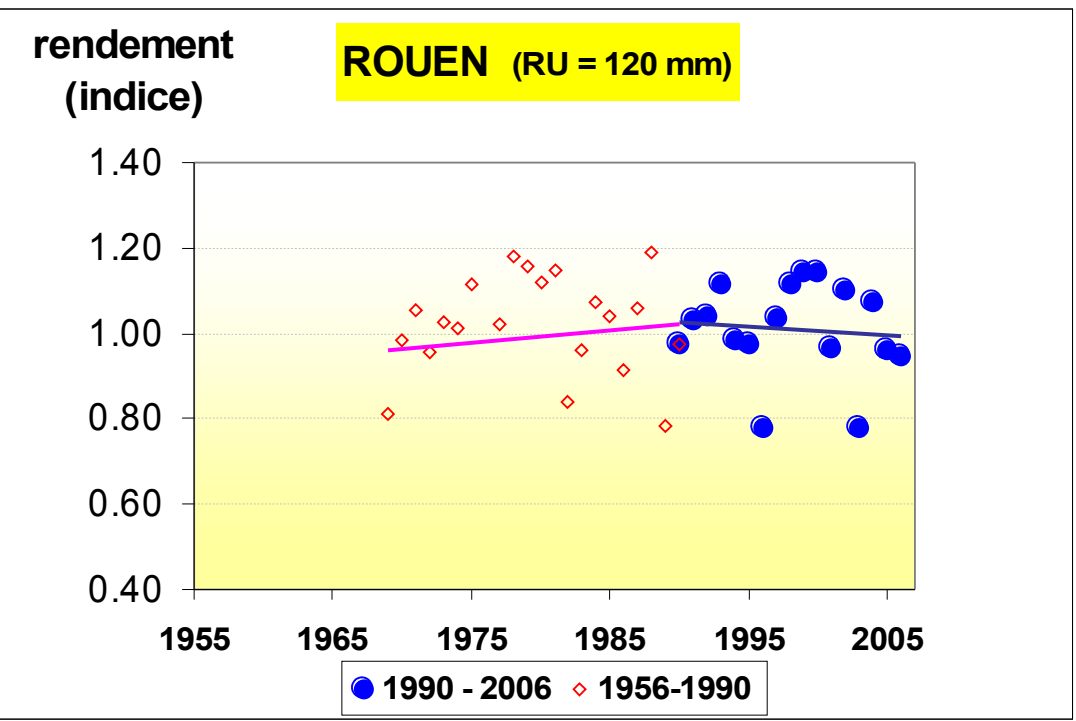
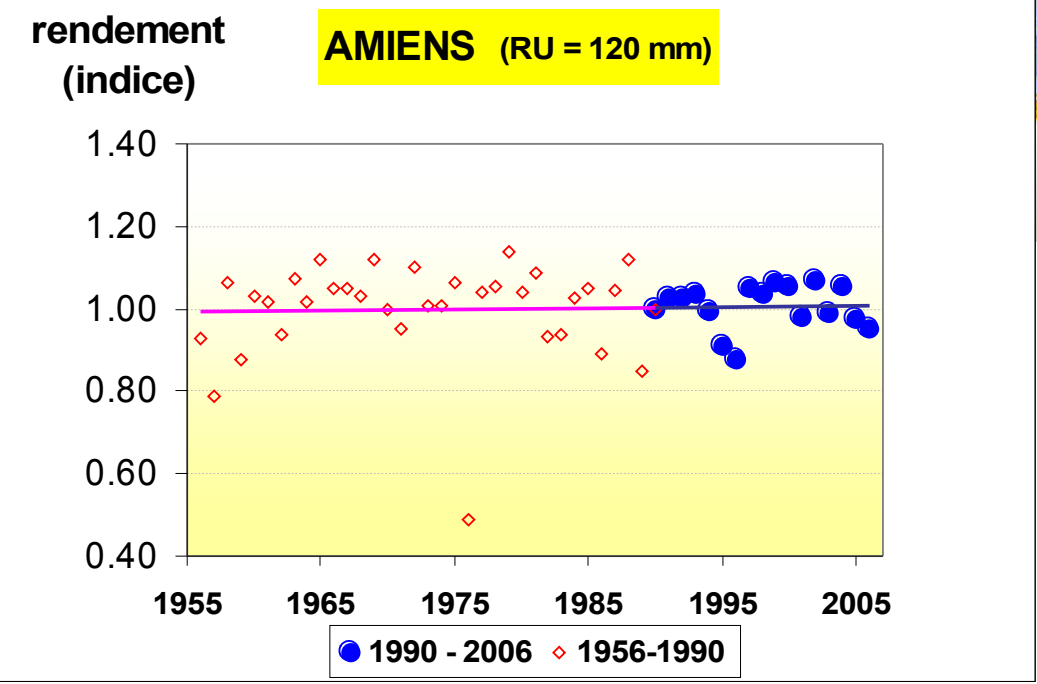
Regard historique du problème: évolution du rendement du blé



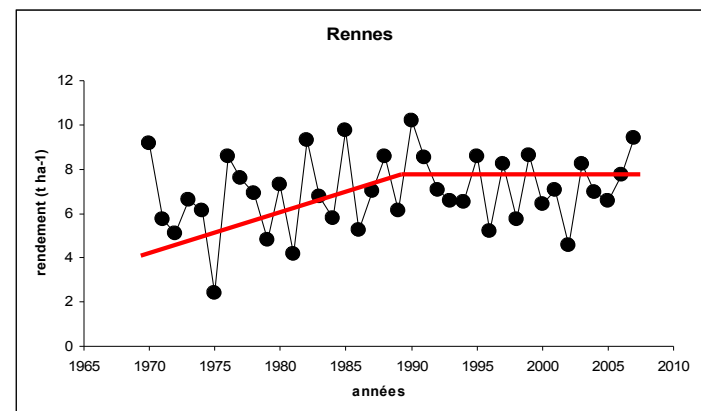
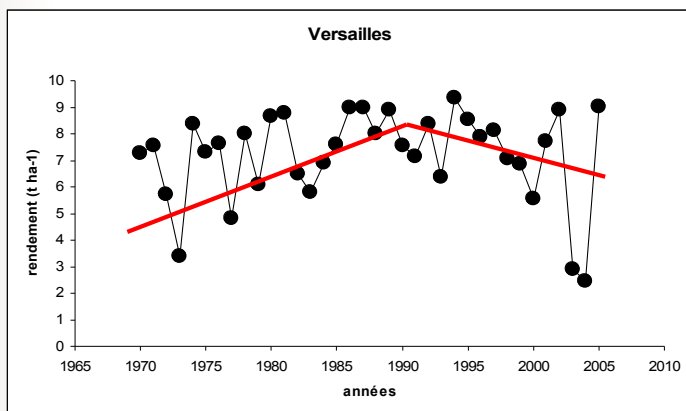
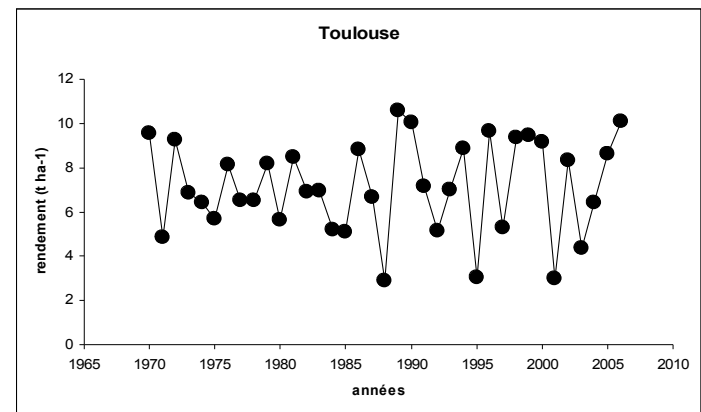
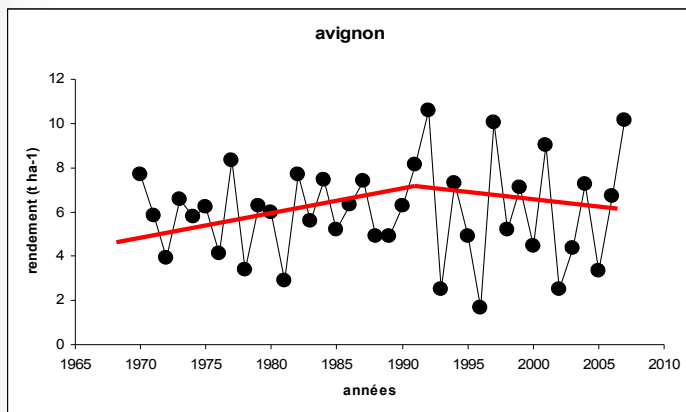
Lauragais





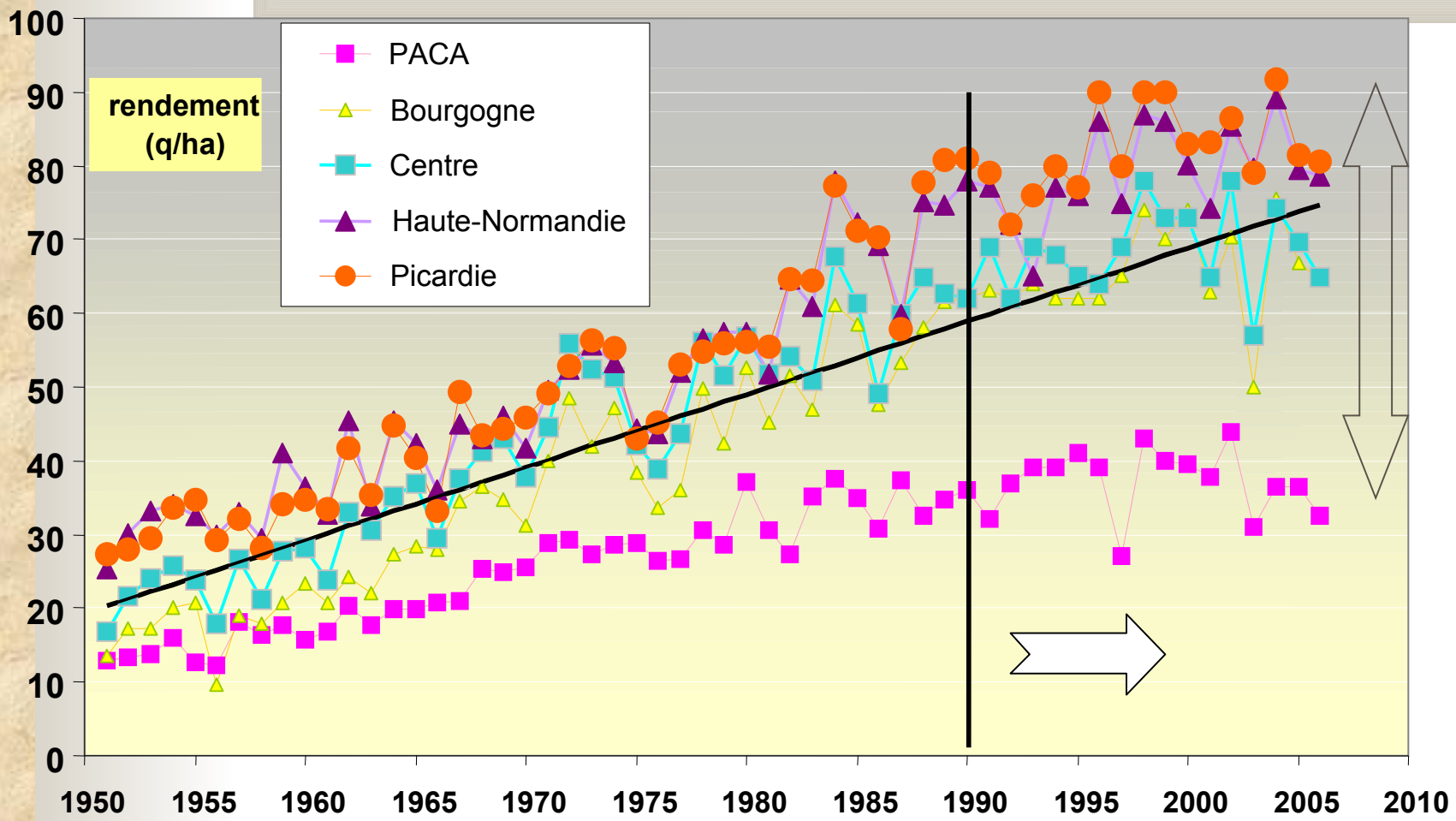


Les rendements : stagnation - augmentation de variabilité



D'après Nadine BRISSON

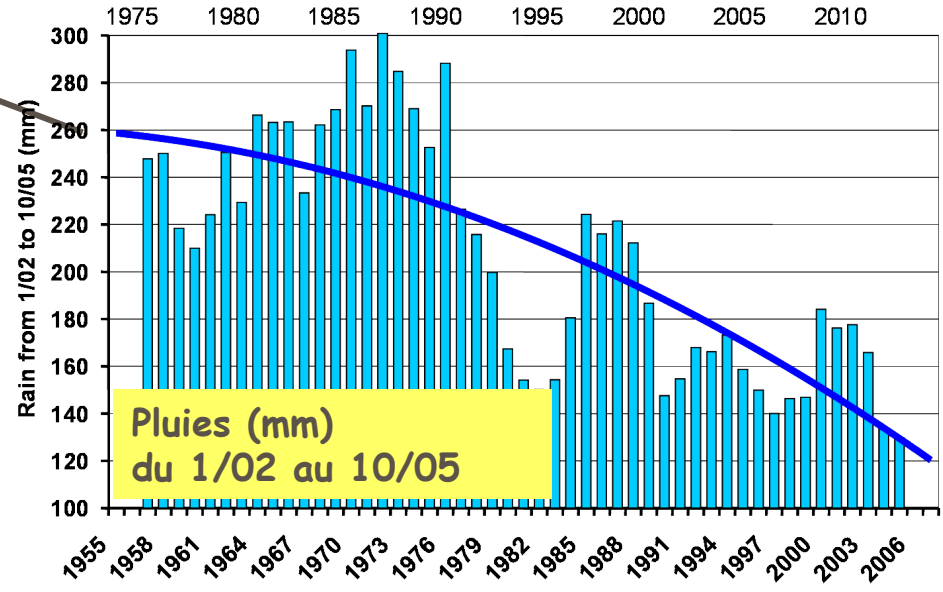
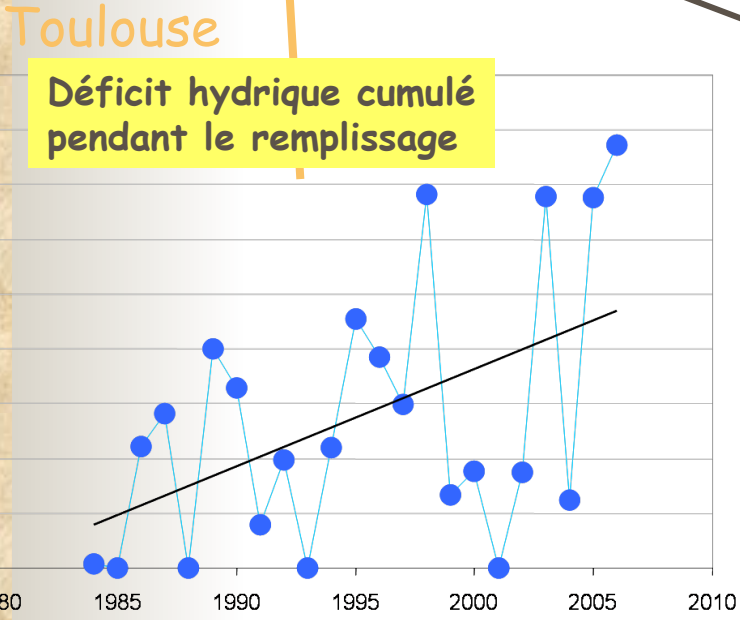
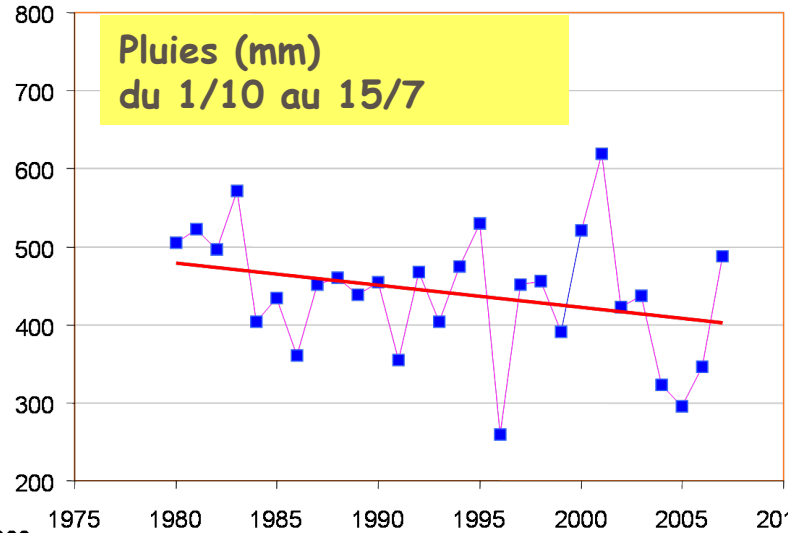
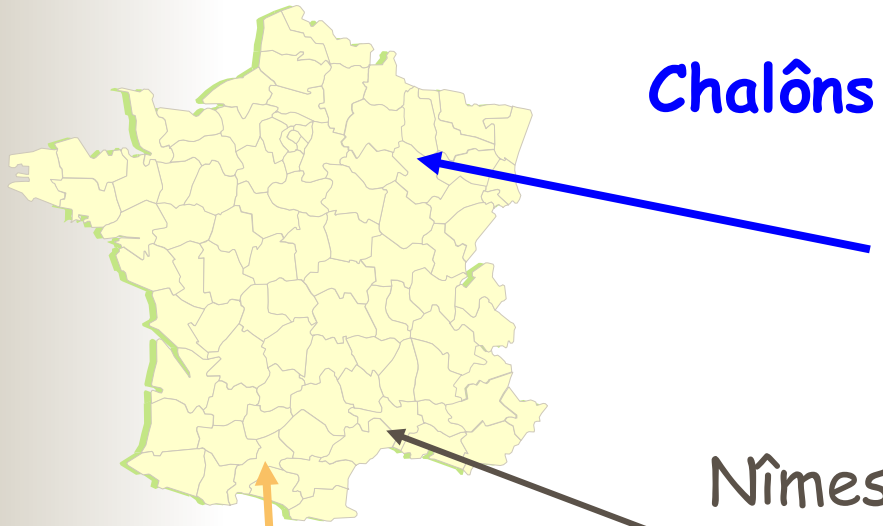
Le climat ?



Explication de la variabilité par 2 conditions climatiques :
sécheresse et Fortes T°C

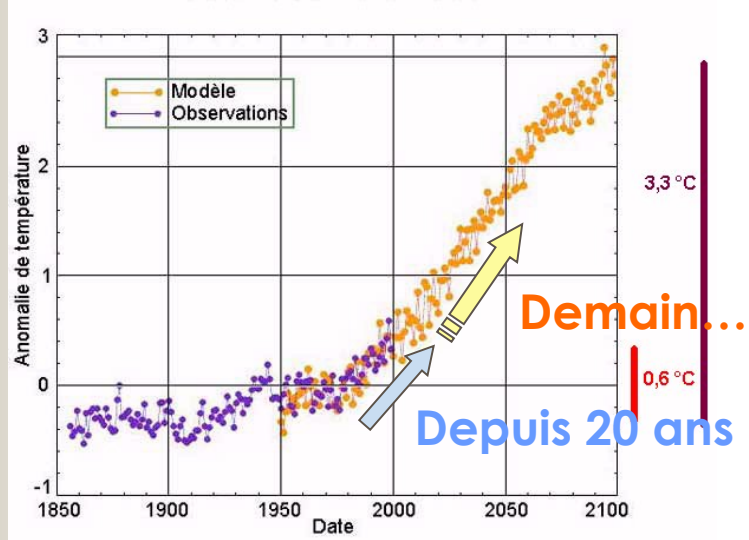
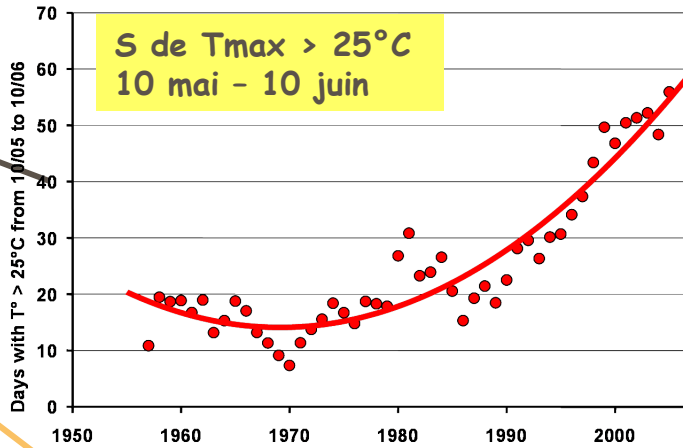
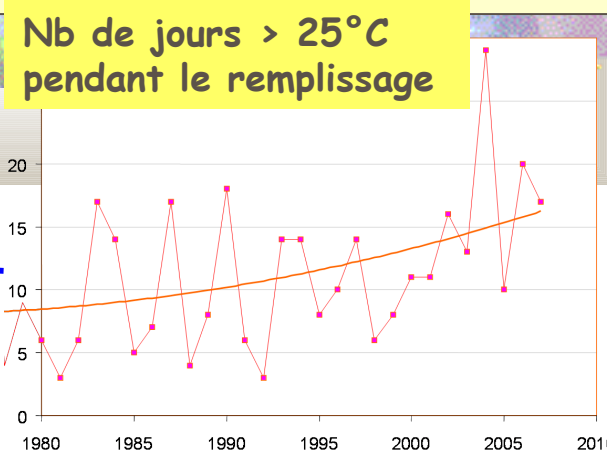
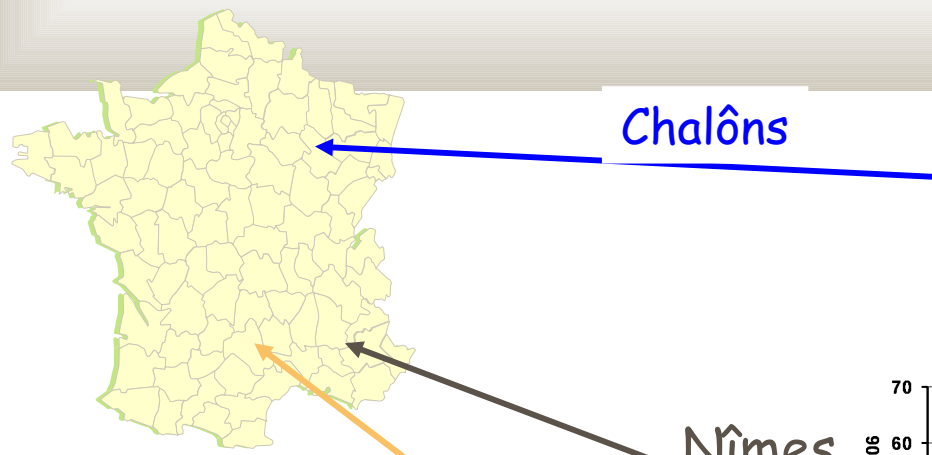
Le climat ?

regard historique du problème : évolution de la sécheresse

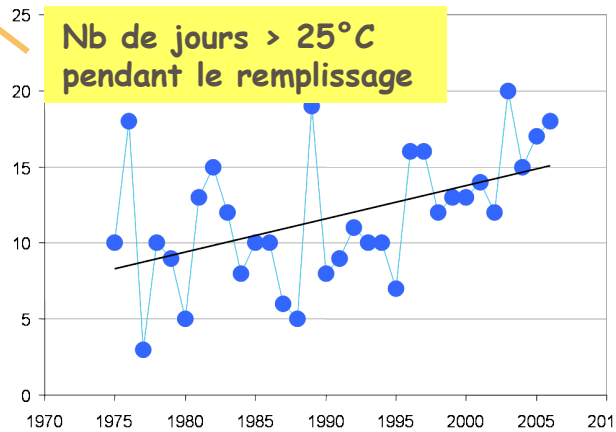


Regard historique du problème : évolution de l'échaudage thermique

Le climat ?



Toulouse



Source :
Météo France

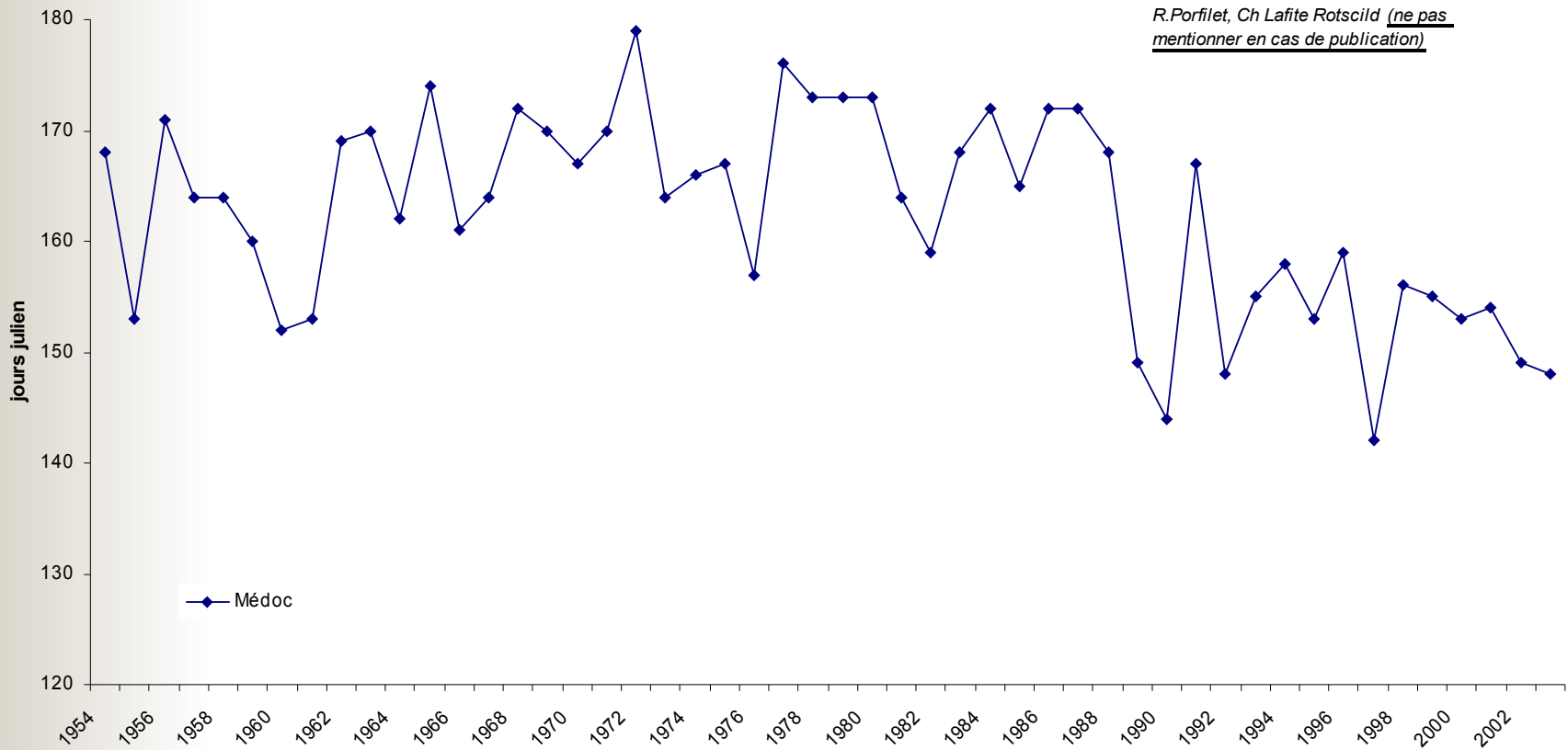
(Scénario B2)

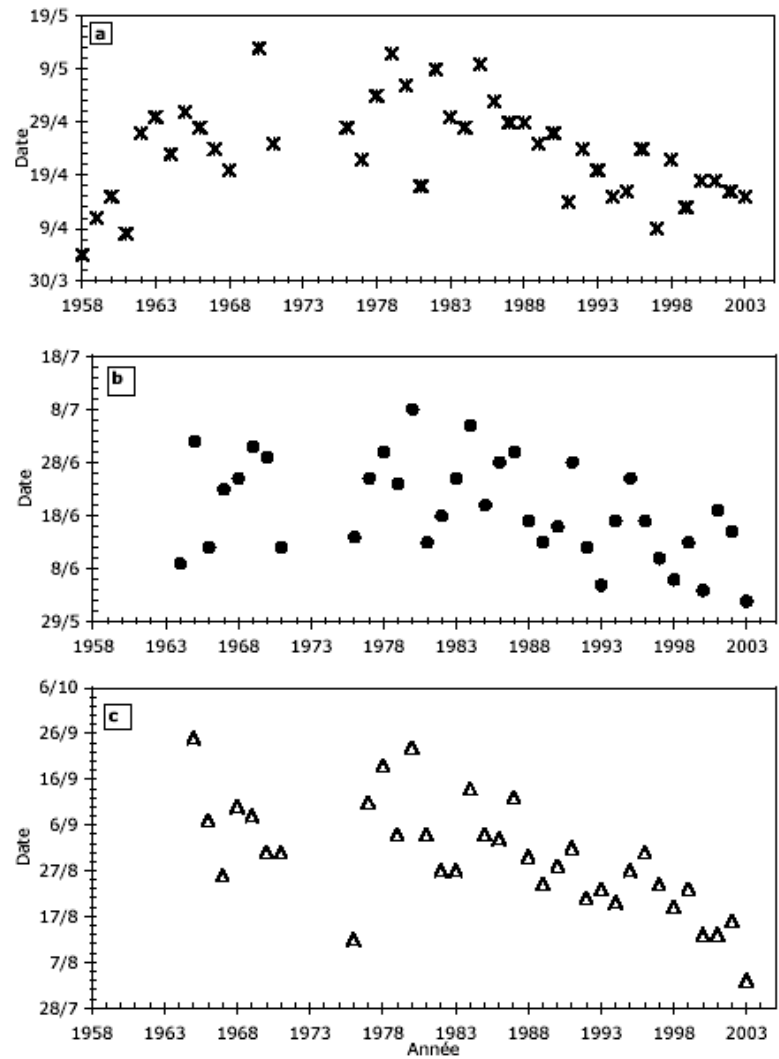
Phénologie de la vigne

Figure 6: Dates de début floraison du Merlot

Sources:

R.Porfilet, Ch Lafite Rothschild (ne pas mentionner en cas de publication)





(d'après Duchêne 2004)

Figure 4 : Dates de débourrement (a), mi-floraison (b) et véraison (c) du riesling à Bergheim (68). Données INRA.

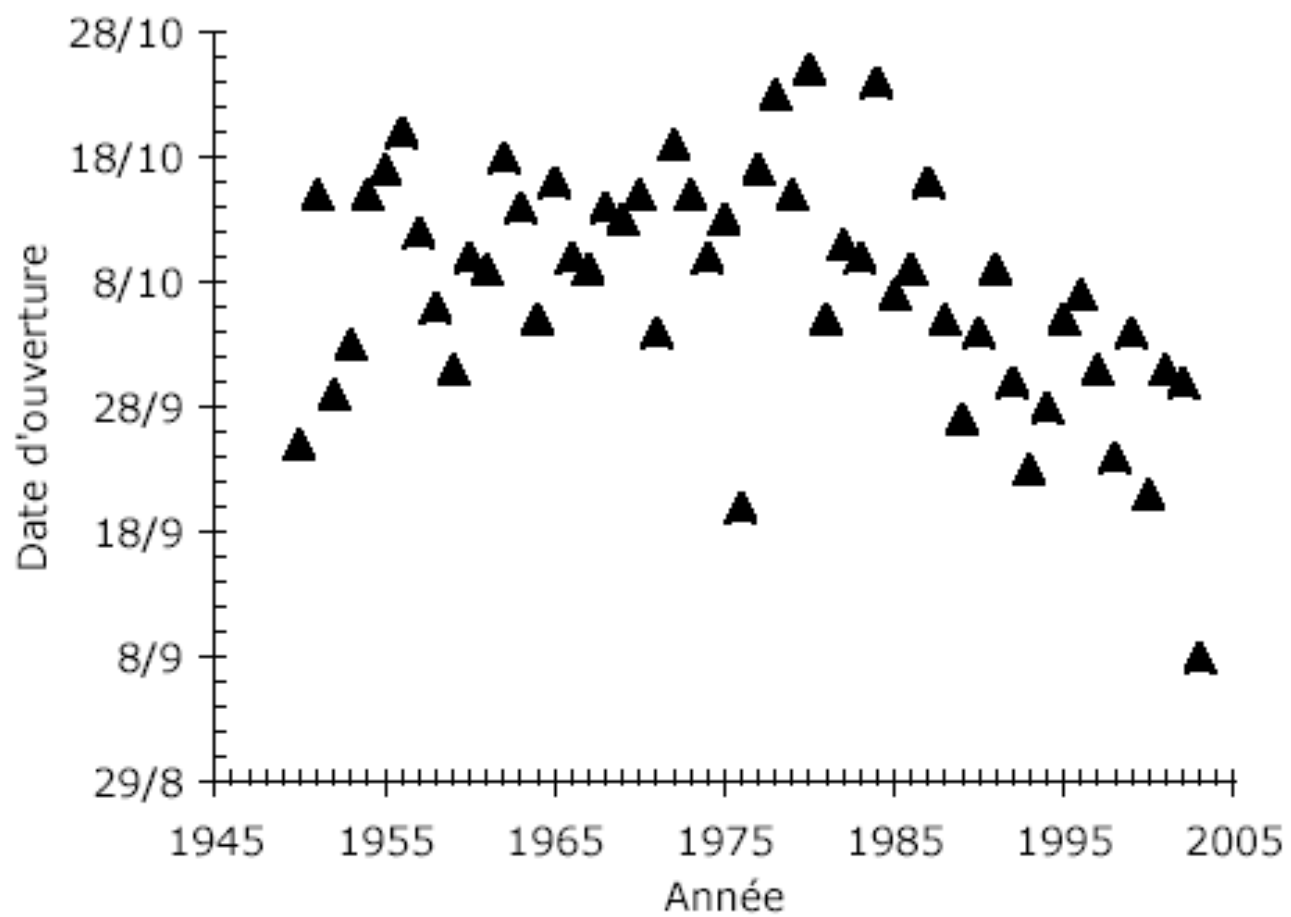


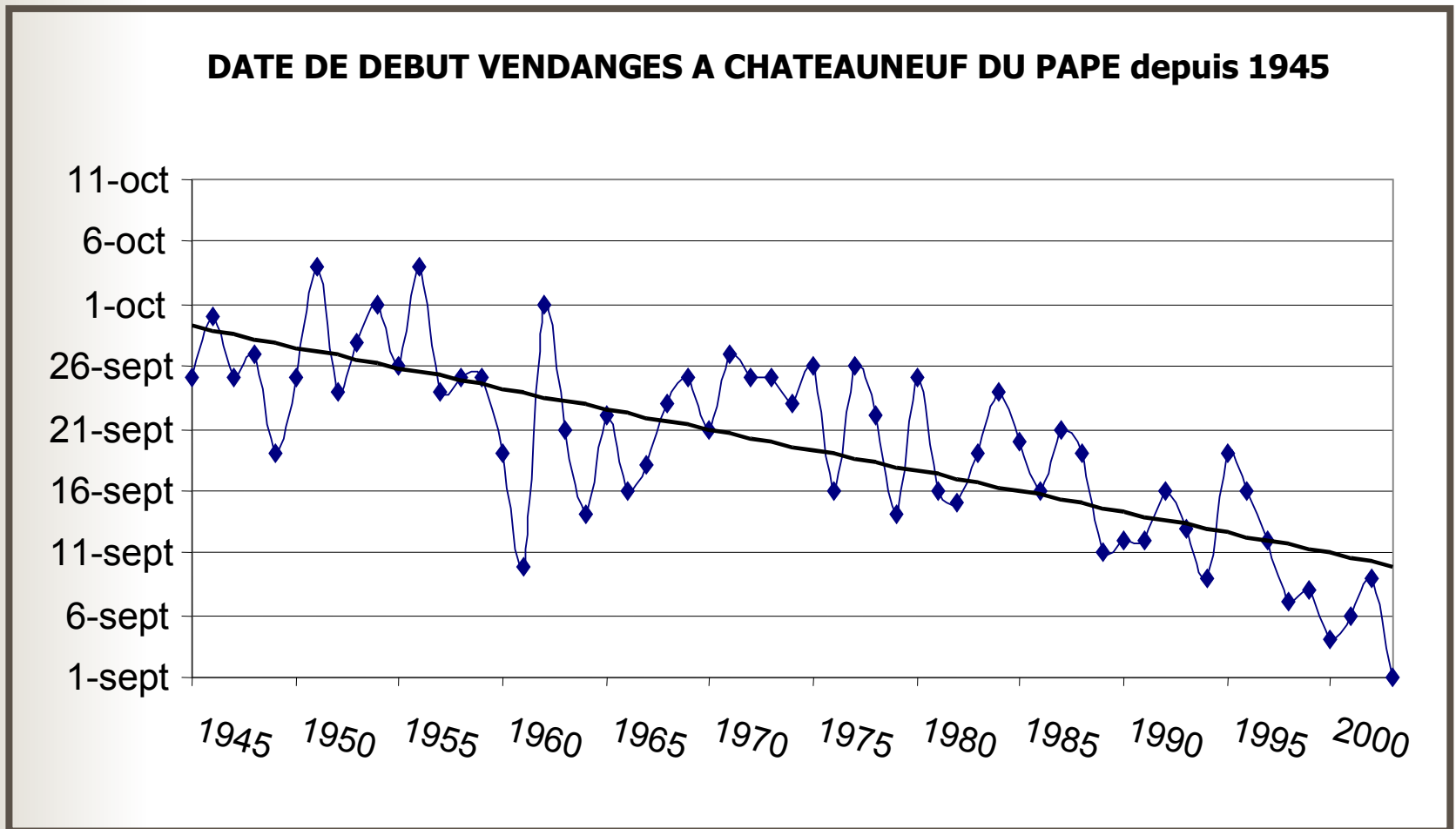
Figure 5 : Date d'ouverture des vendanges en Alsace. Source ITV Alsace.

(d'après Duchêne 2004)

Figure 7: Dates de vendanges du Merlot dans le Médoc depuis 1954

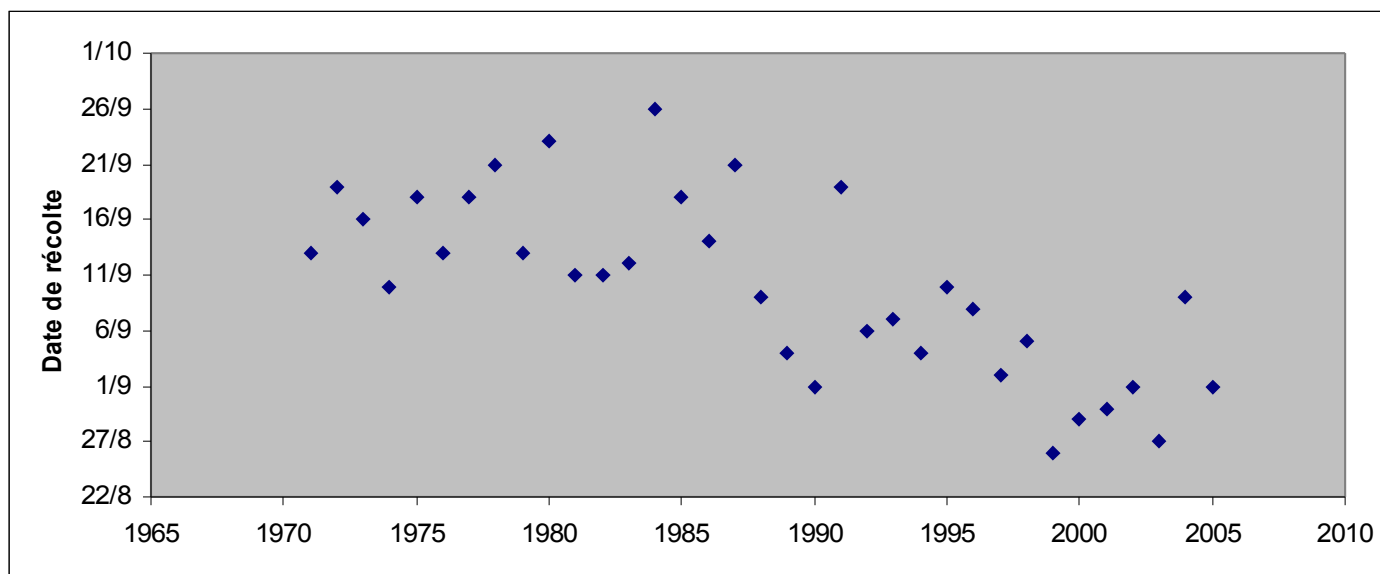


Phénologie de la vigne



Données de B. Ganichot Institut Rhodanien Orange

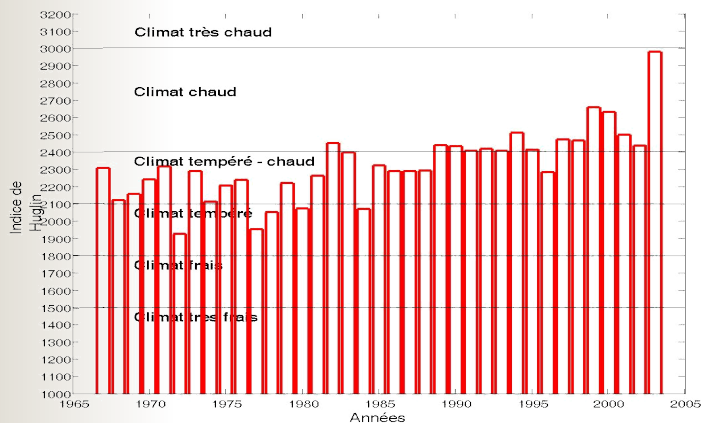
L'évolution récente avec le modèle STICS-vigne (date de vendange)



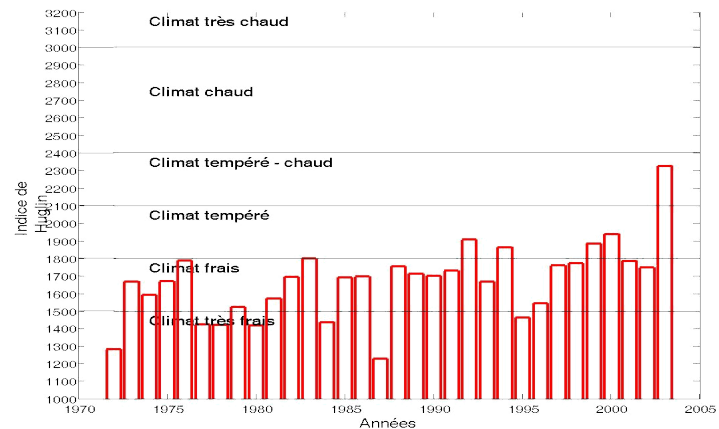
Resultats pour Avignon
(Garcia de Cortazar 2008)

Effets du réchauffement sur l'indice de Huglin pour Avignon, Bordeaux, Colmar & Dijon (1970-2003)

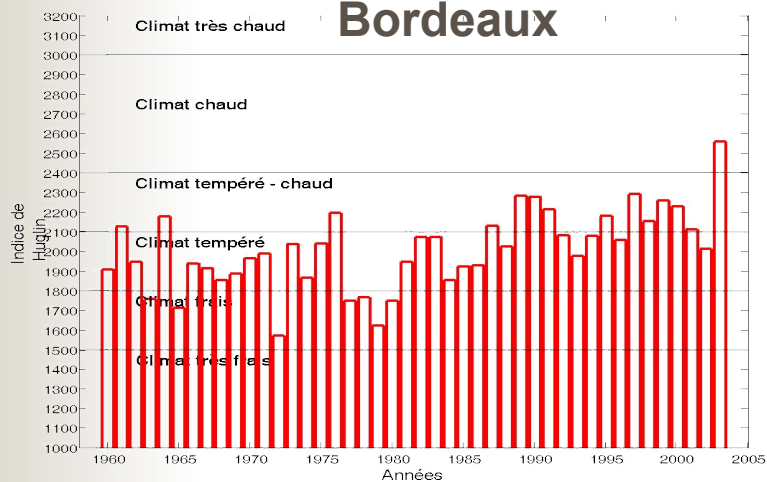
Avignon



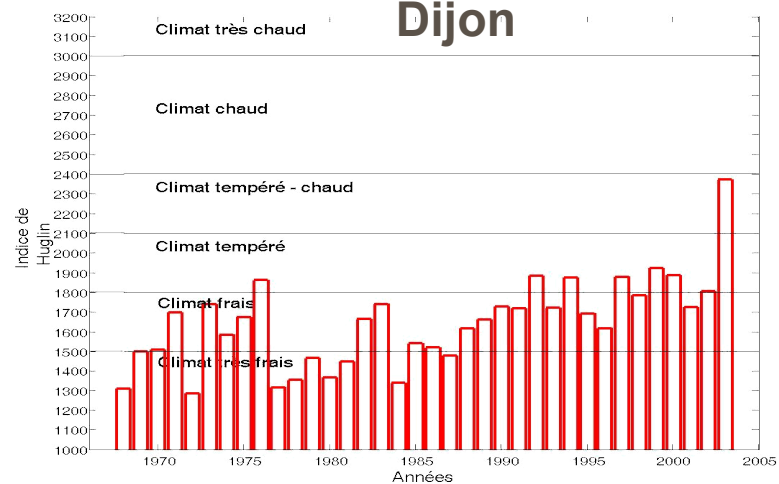
Colmar



Bordeaux



Dijon



Le potentiel de qualité à la vendange évolue

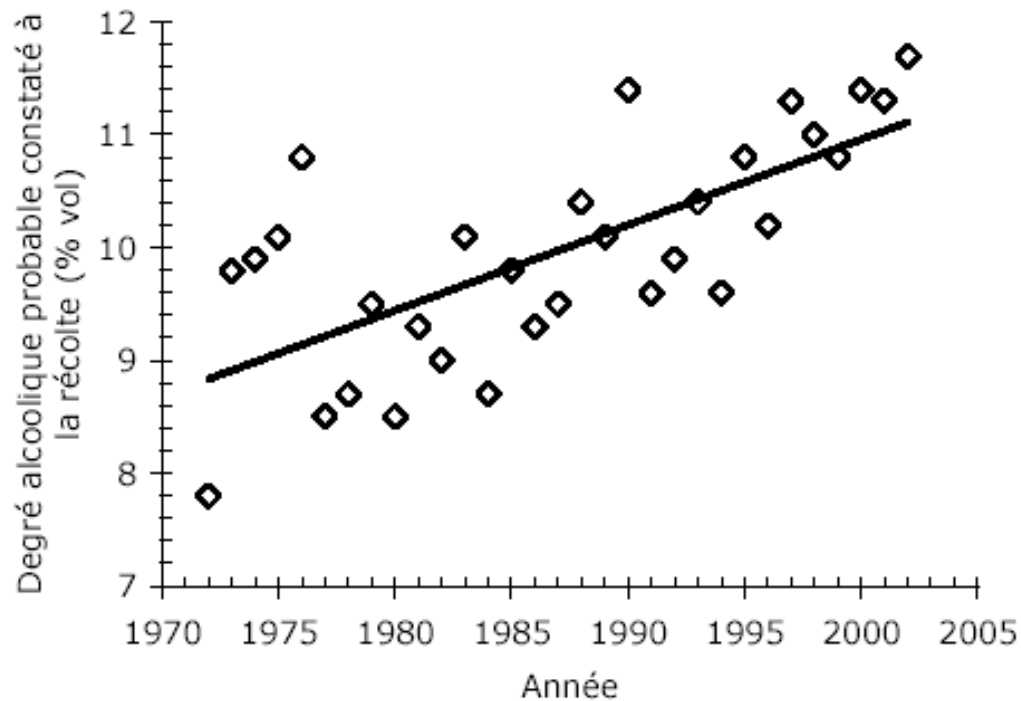
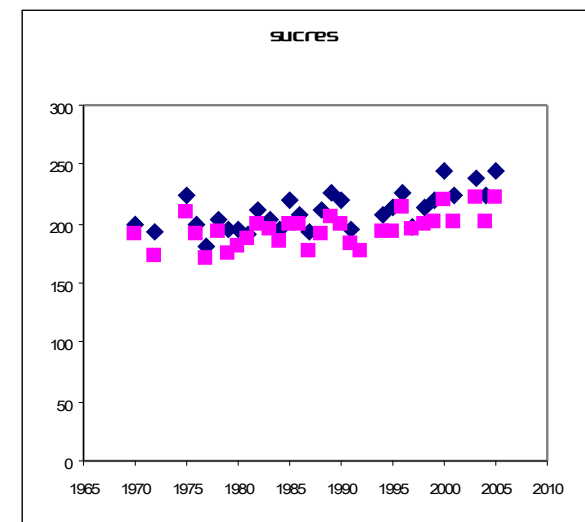
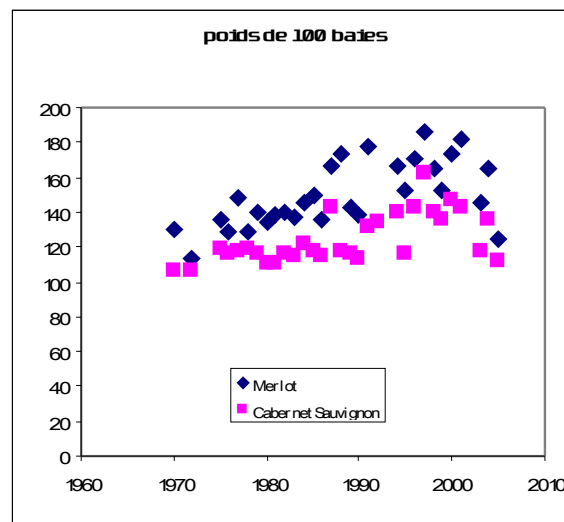
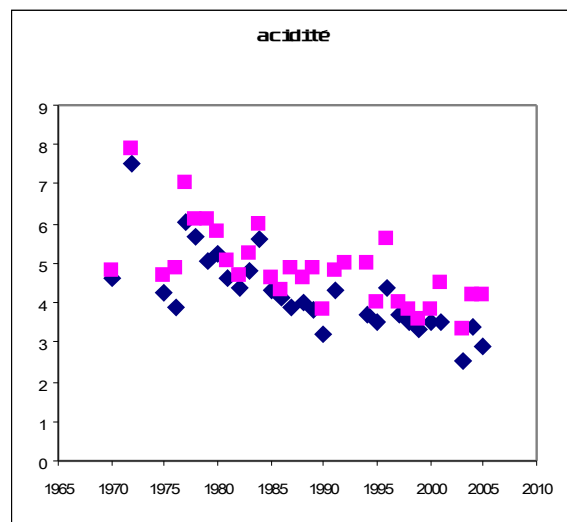
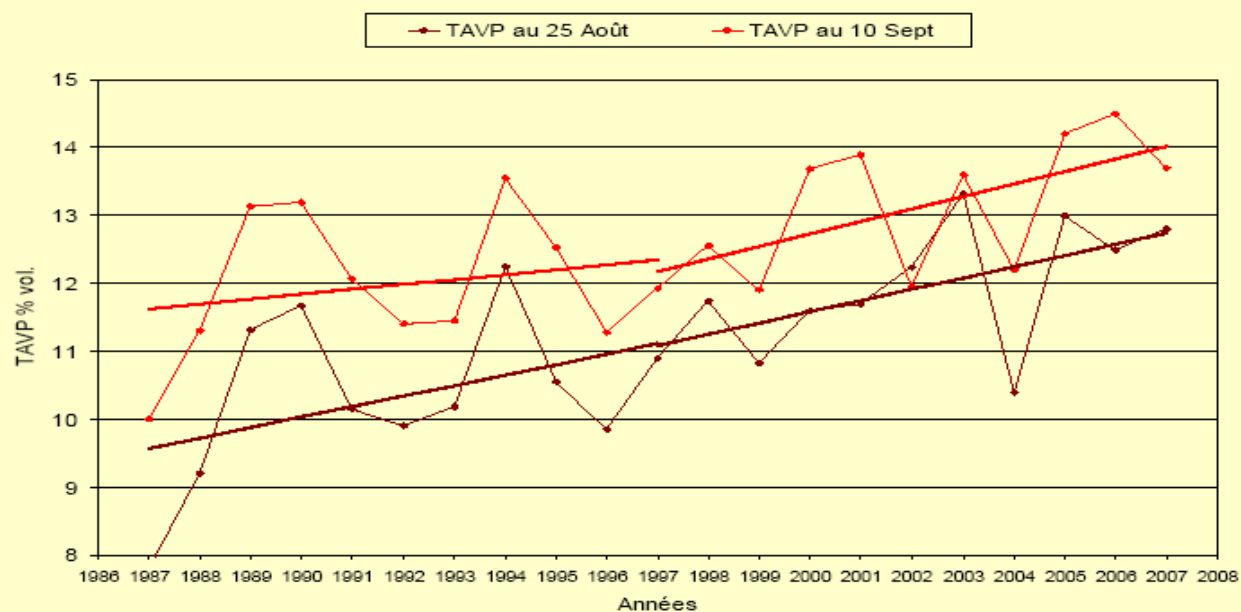


Figure 8 : Evolution des degrés moyens constatés à la récolte en Alsace pour le riesling. Source CIVA. Le gain moyen est de 0,08 % vol. par an.

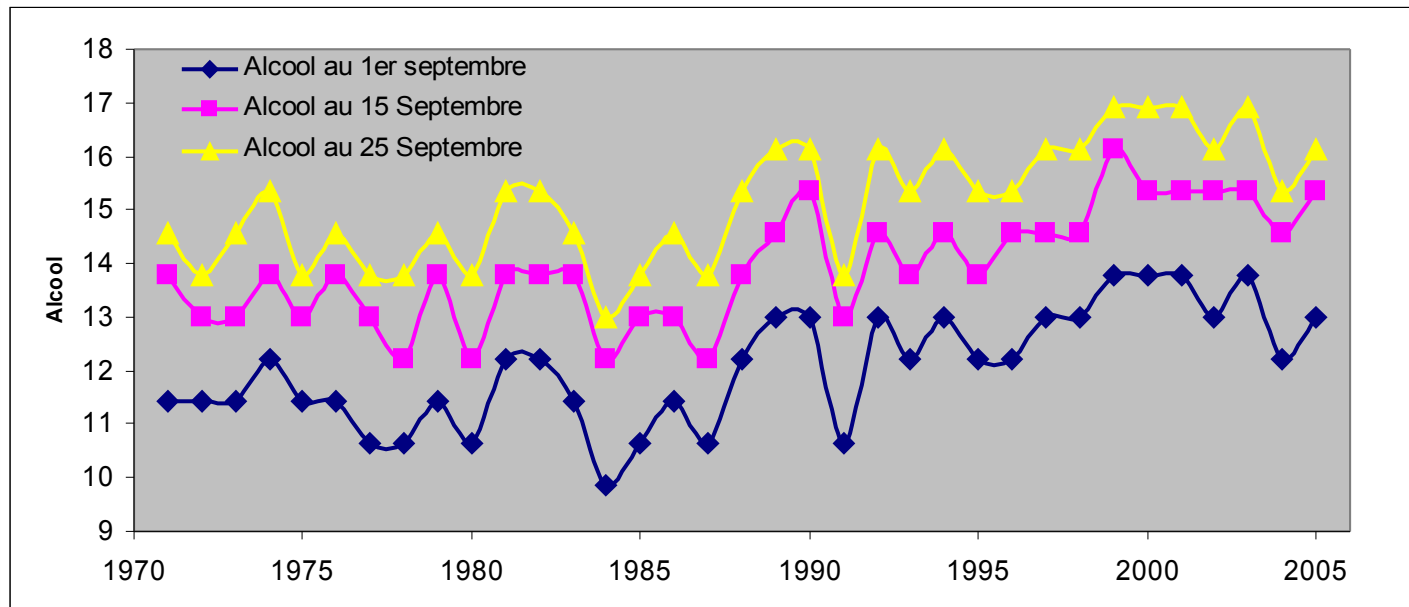
L'évolution à Saint-Emilion



Évolution du TAVP au 25 Août et 10 Sept (1987 – 2007) Syrah – Châteauneuf du Pape



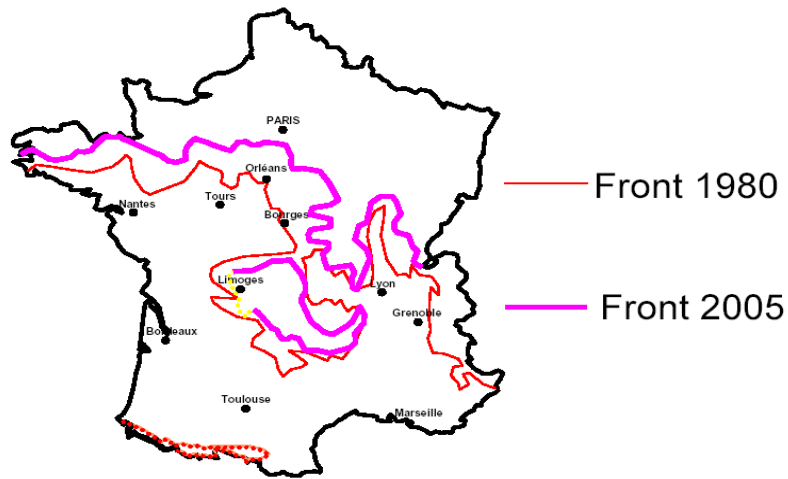
L'évolution récente avec le modèle STICS-vigne (teneur en alcool)



Resultats pour Avignon (Garcia de Cortazar 2008)

Le réchauffement récent

... des évolutions notables



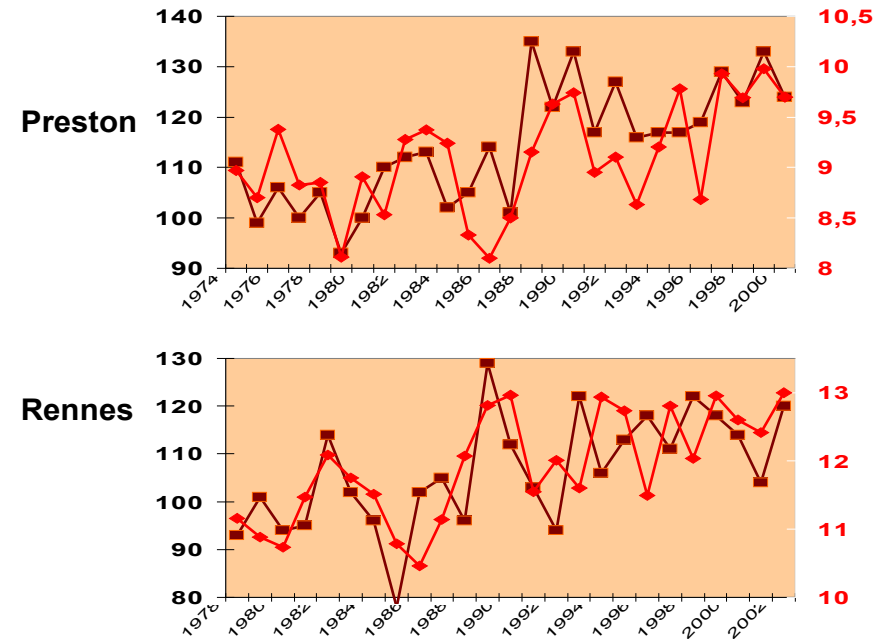
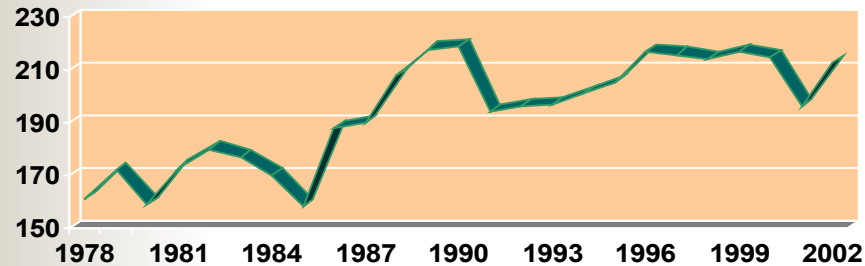


Maladies et insectes

- Les évolutions:
 - le Phomopsis du tournesol (temp > 32°)
 - le cycle du carpocapse
 - les pucerons
- Les migrations:
 - la chenille processionnaire du pin
- les émergences:
 - aleurode *Bemisia tabacci*

Les pucerons

nombre total d'espèces capturées chaque années sur les 8 sites



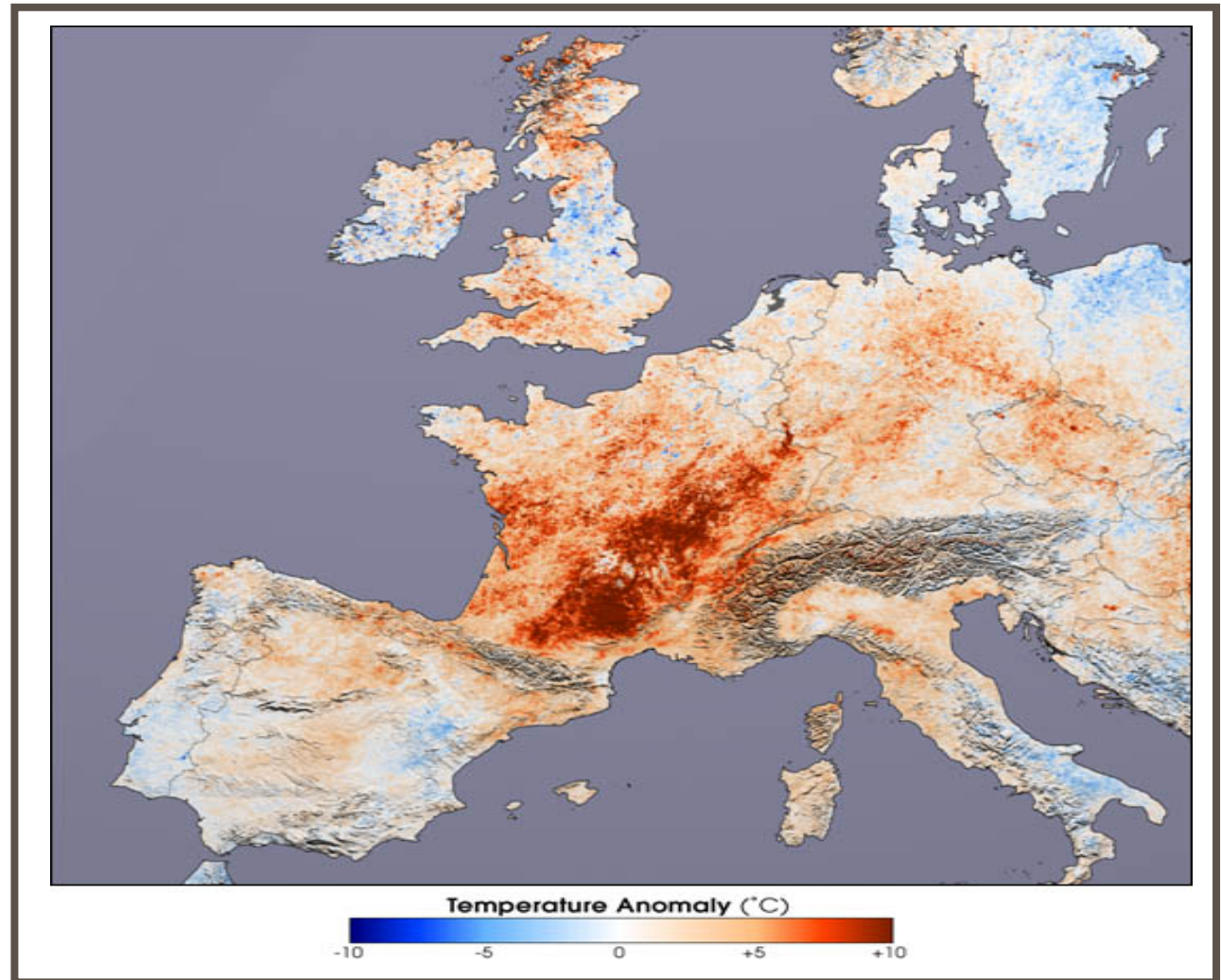
D'après M.Hullé (Rennes) à partir de 8 sites du réseau européen EXAMINE

La canicule à l'échelle européenne

Juillet 2003/

Juillet 2002

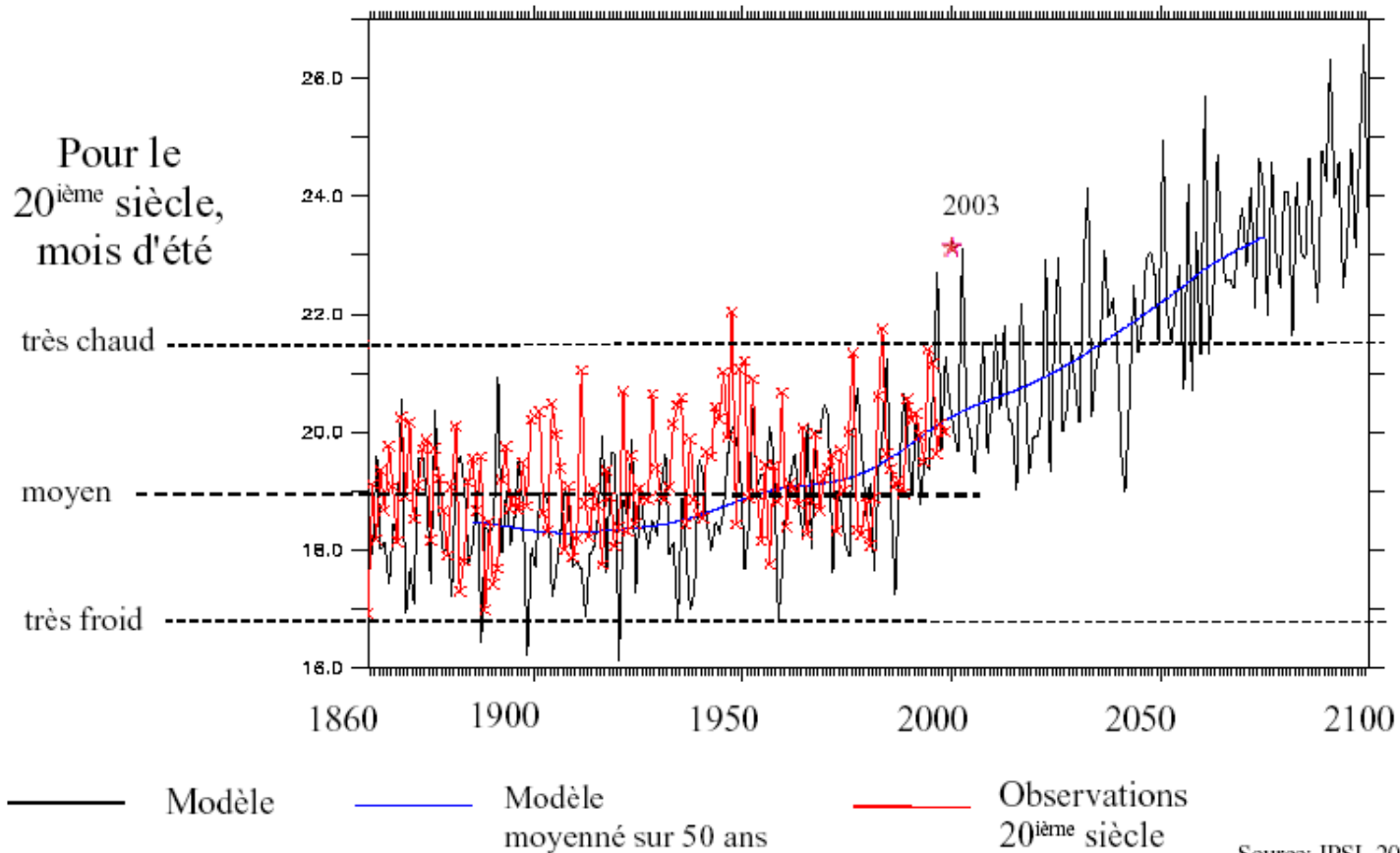
Données MODIS



Evolution de température moyenne en été pour la France 1860-2003 (rouge) & prévisions jusqu'à 2100 (noir), selon scénario A2 du GIEC (source: MIES)

Evolution de la température moyenne en été en France de 1860 à 2100

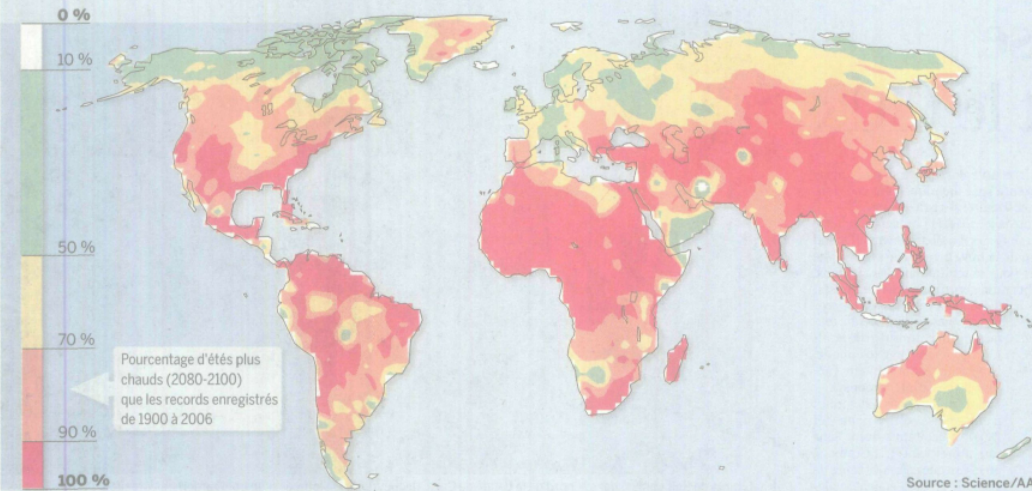
(modèle de l'IPSL, scénario SRES A2, sans aérosols)



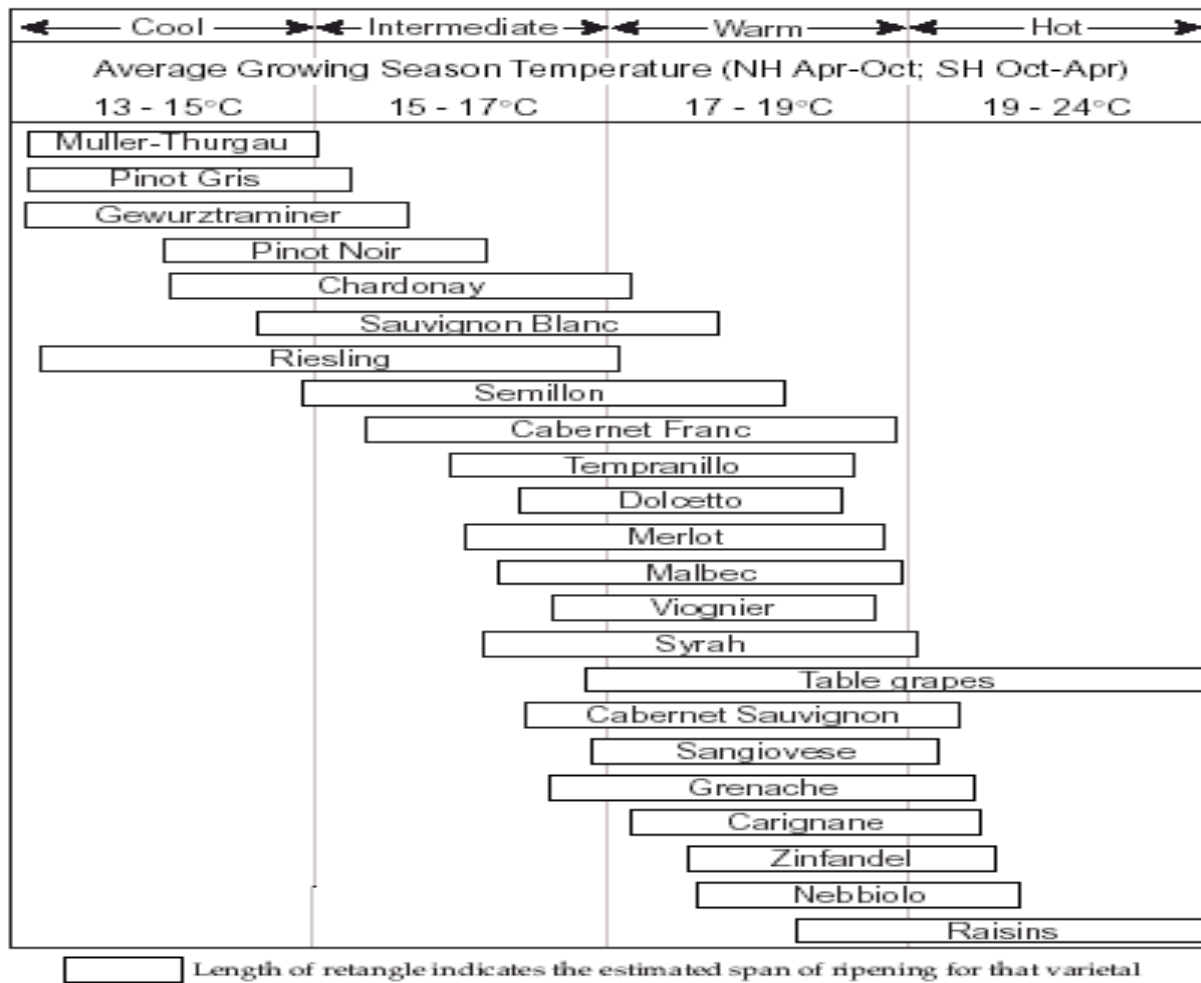
des canicules plus ordinaires!!

A l'horizon 2080, des étés plus chauds que les records du XX^e siècle

A partir de 23 modèles climatiques, deux chercheurs américains ont établi un planisphère décrivant la probabilité pour que les étés, entre 2080 et 2100, soient plus chauds que les saisons les plus caniculaires enregistrées entre 1900 et 2006



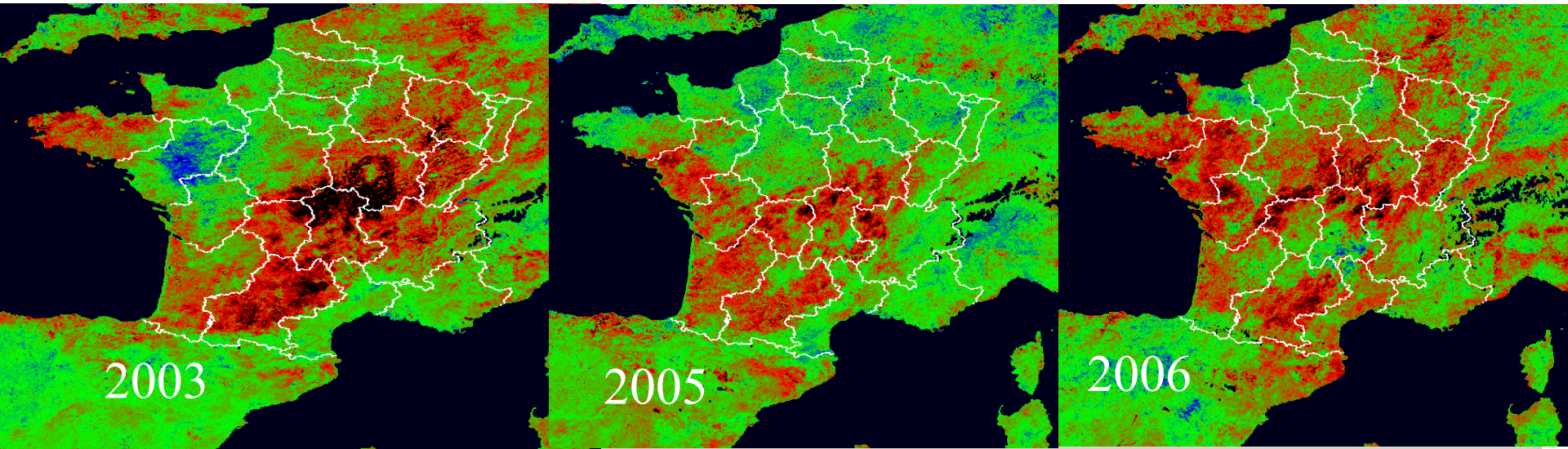
Grapevine Climate/Maturity Groupings



Températures de maturation pour les différentes cépages

(source: Jones, 2003)

Les sécheresses (2003, 2005, 2006)



Ecart au 01 Août du NDVI / moyenne 2002-2004

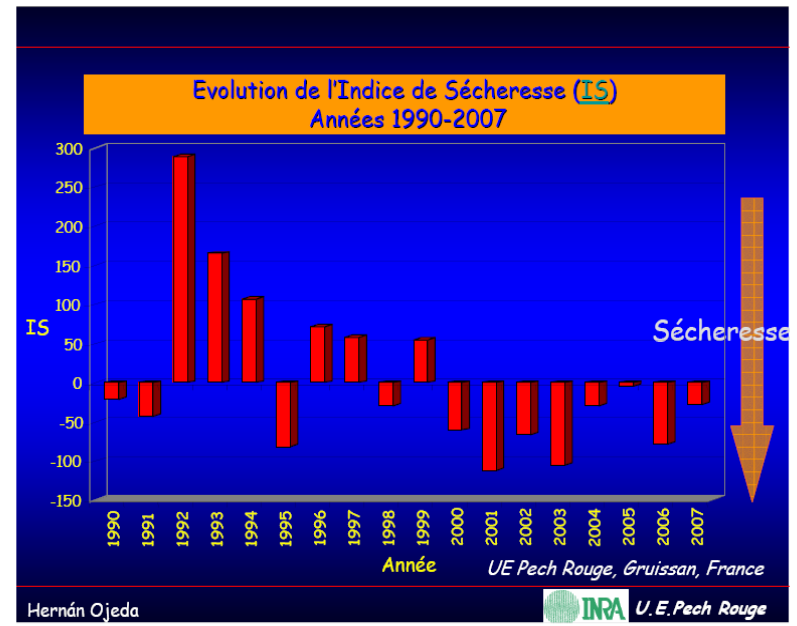
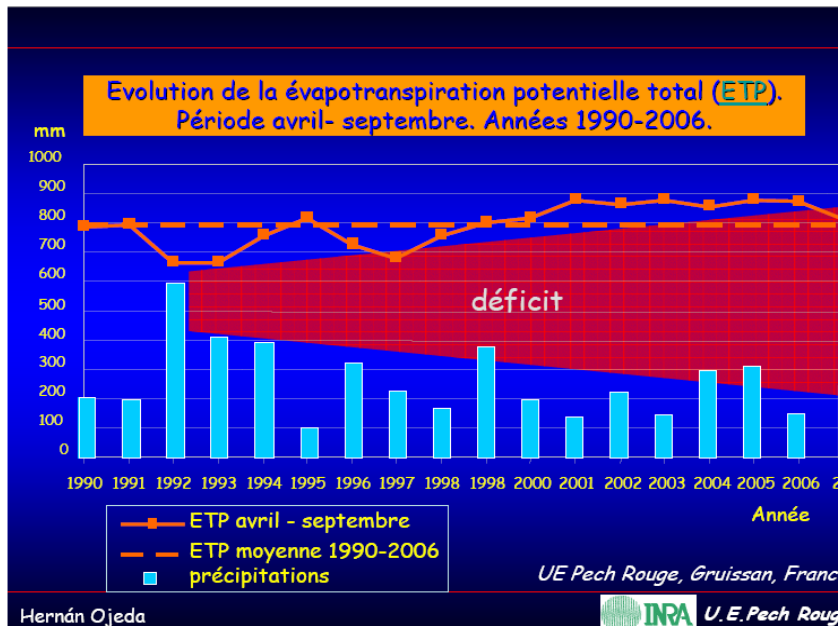
VEGETATION/Spot5



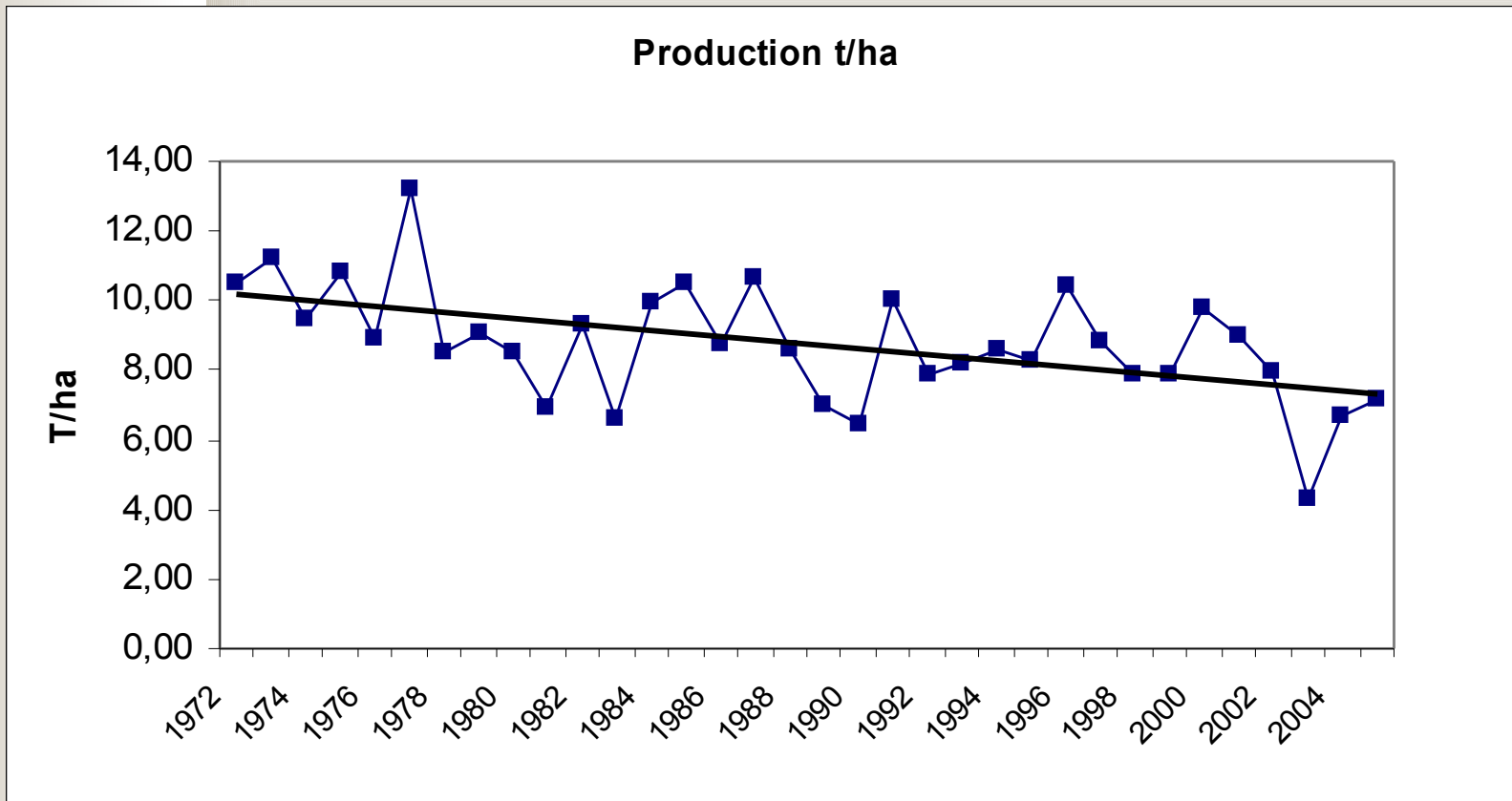
La canicule de 2003 - vignes de Syrah (Languedoc)



Des années sèches dans le sud-est de la France

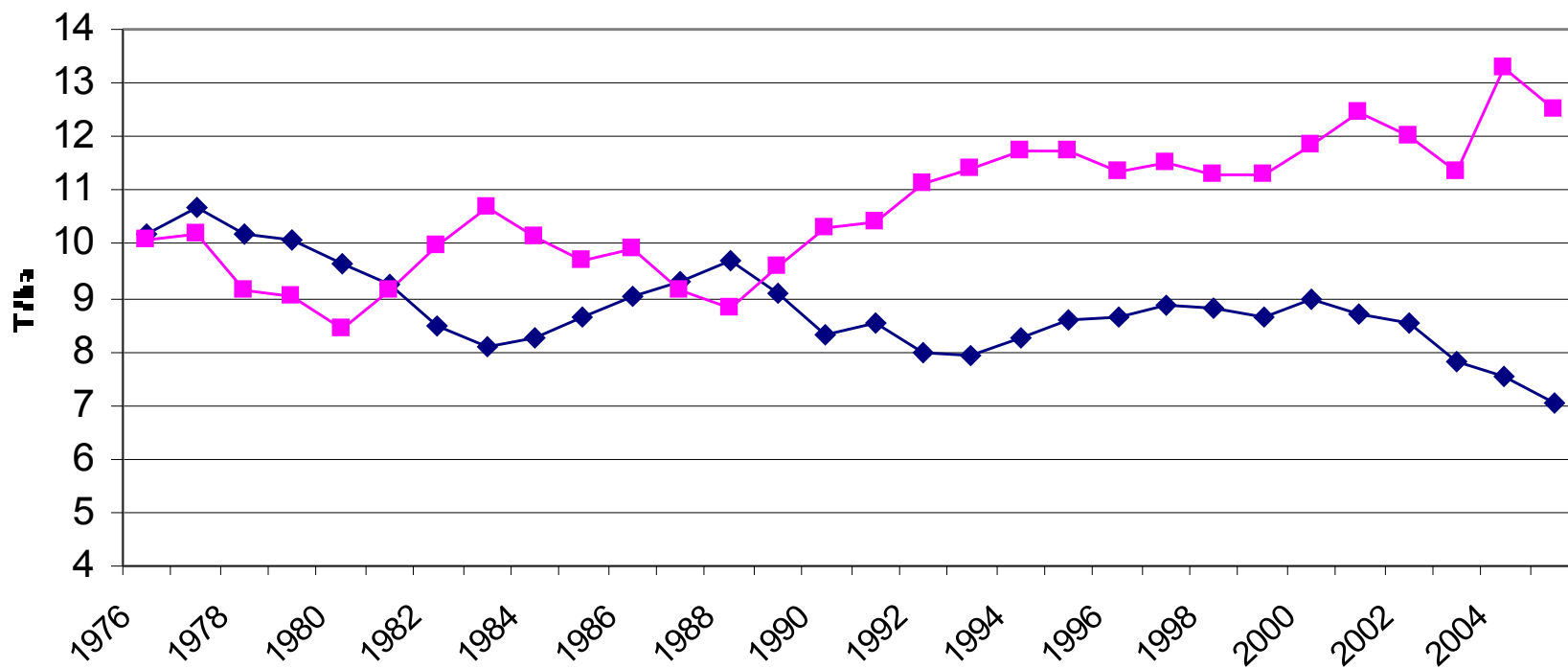


Simulation STICS Vigne



Simulation STICS Vigne

Production t/ha (moyenne mobile 5ans)



Ventoux

Le dépérissement des sapins



Cime d'Alberas

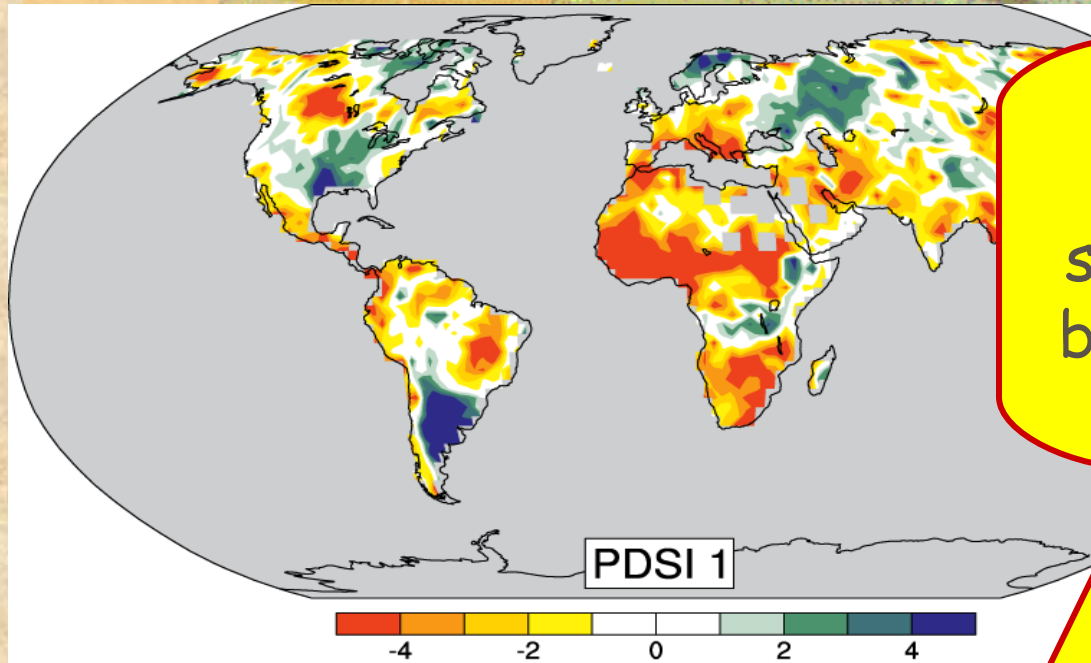
Photos
Ph. Dreyfus
M.Bariteau
INRA
Avignon



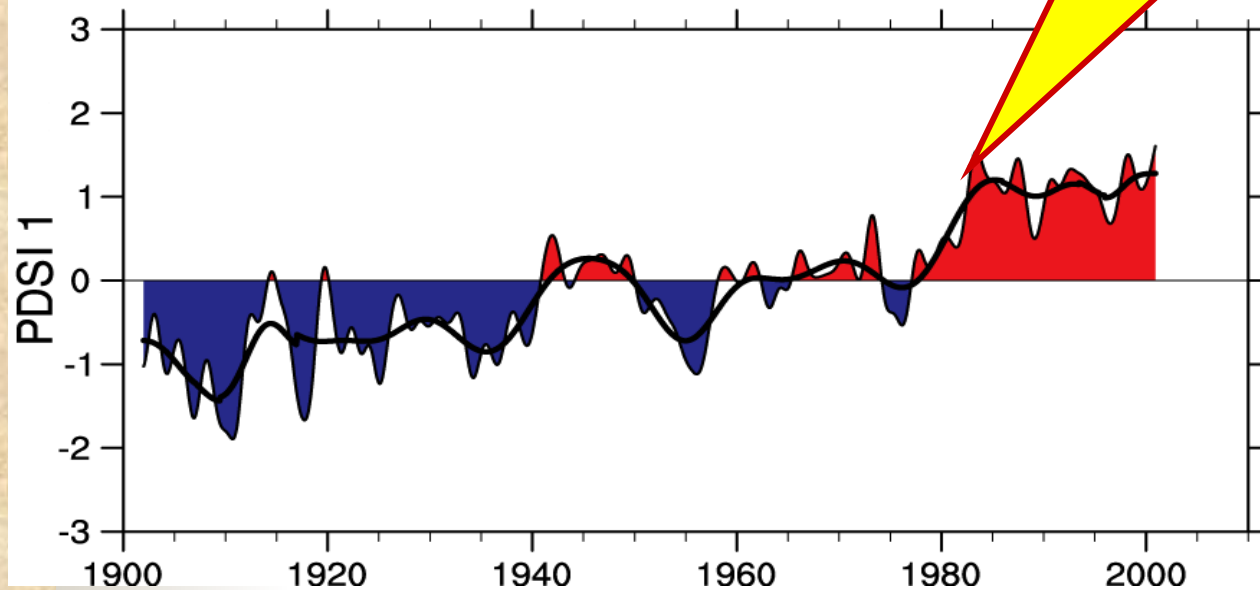
Haut-Verdon



Drought is increasing most places

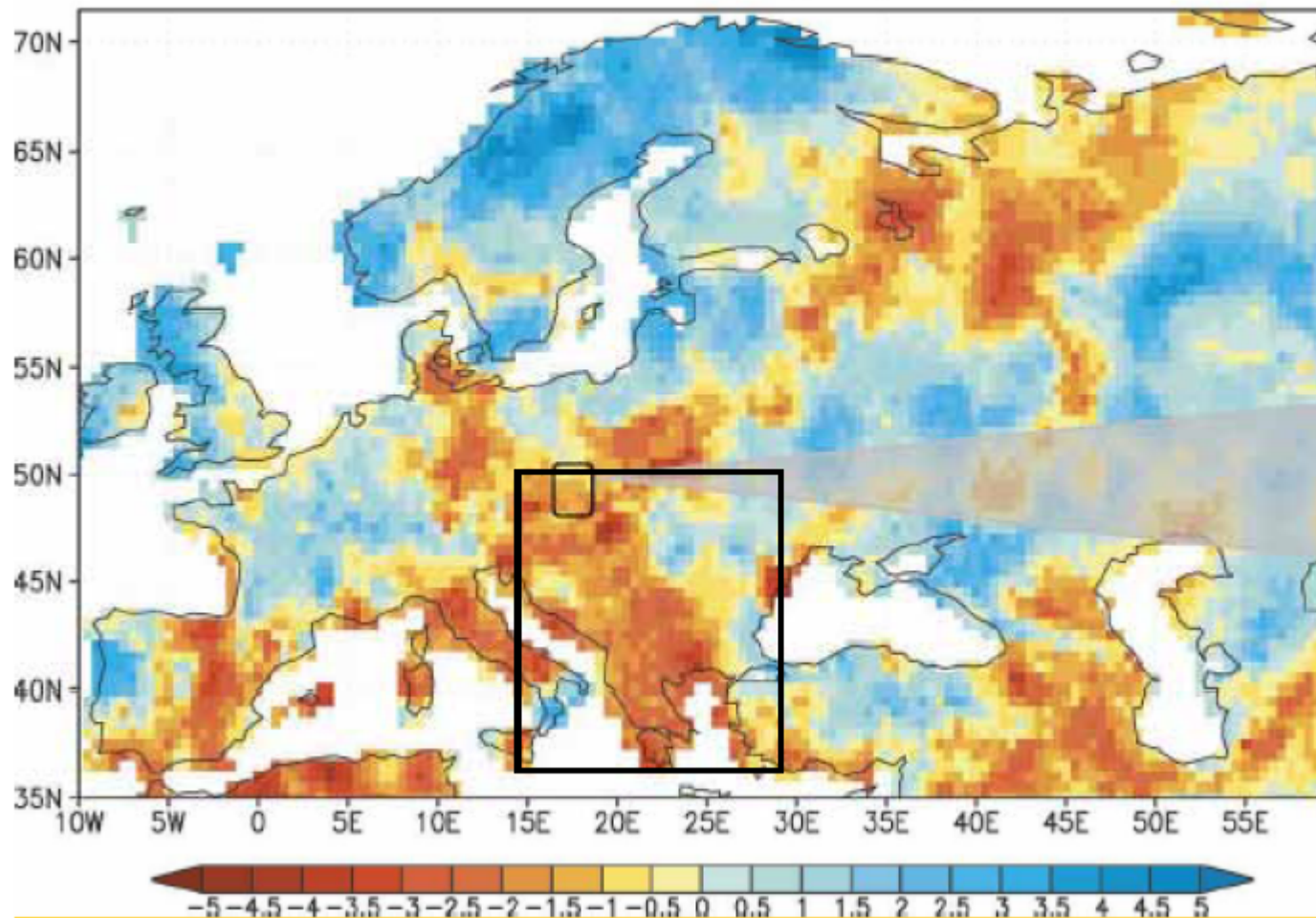


Mainly decrease in rain over land in tropics and subtropics, but enhanced by increased atmospheric demand with warming



Past drying trends over Europe (1950-2000)

Van der Schrier *et al.*, 2007 IJA scPDSI trend/(50 year)



Vers une Europe plus sèche?

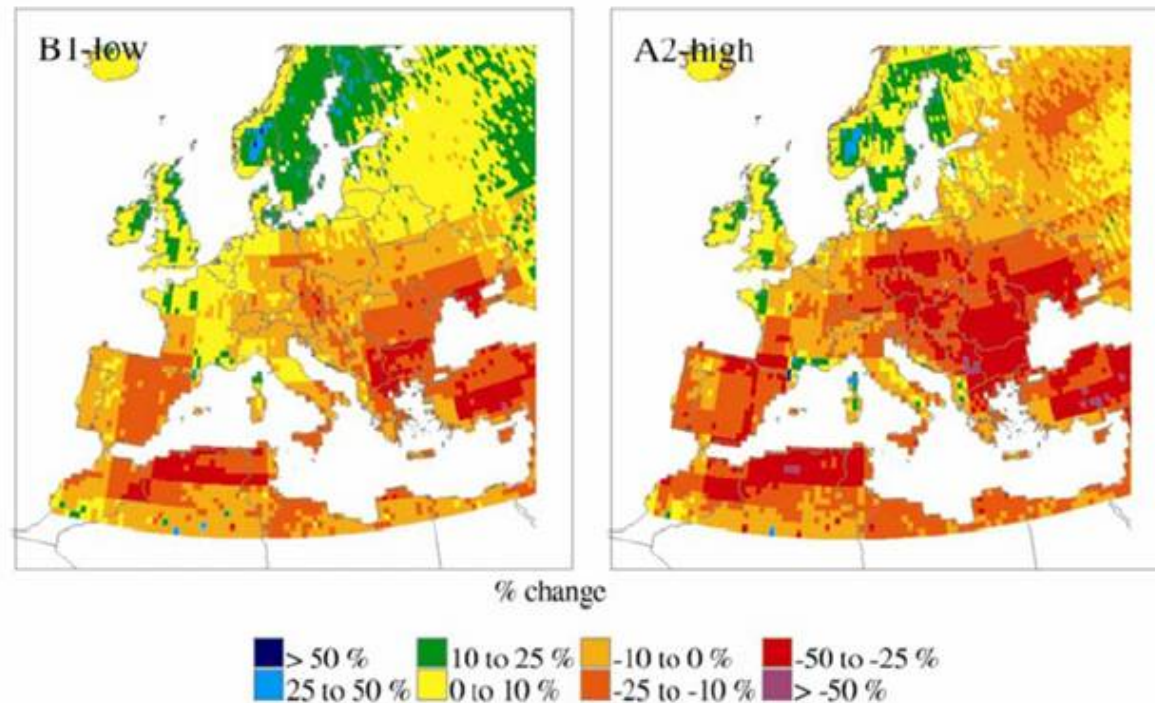
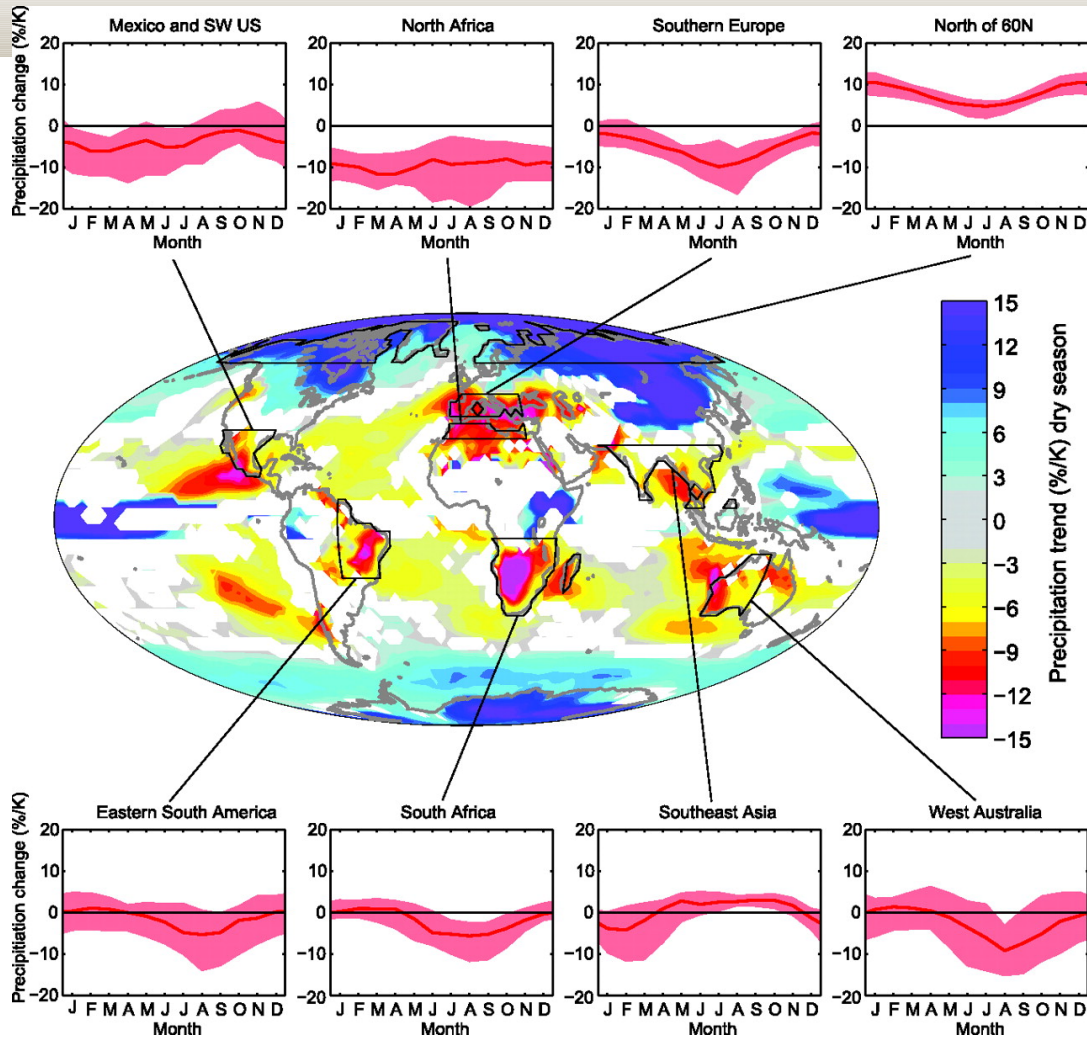


Fig. 6. Water availability changes, 2050s, changes in annual runoff according to B1 and A2 family of SRES scenario.(ACACIA projekt).

Et à l'échelle mondiale



Solomon S. et.al. PNAS 2009;106:1704-1709

(% de baisse de pluviométrie pour 1° C de réchauffement)

PNAS