



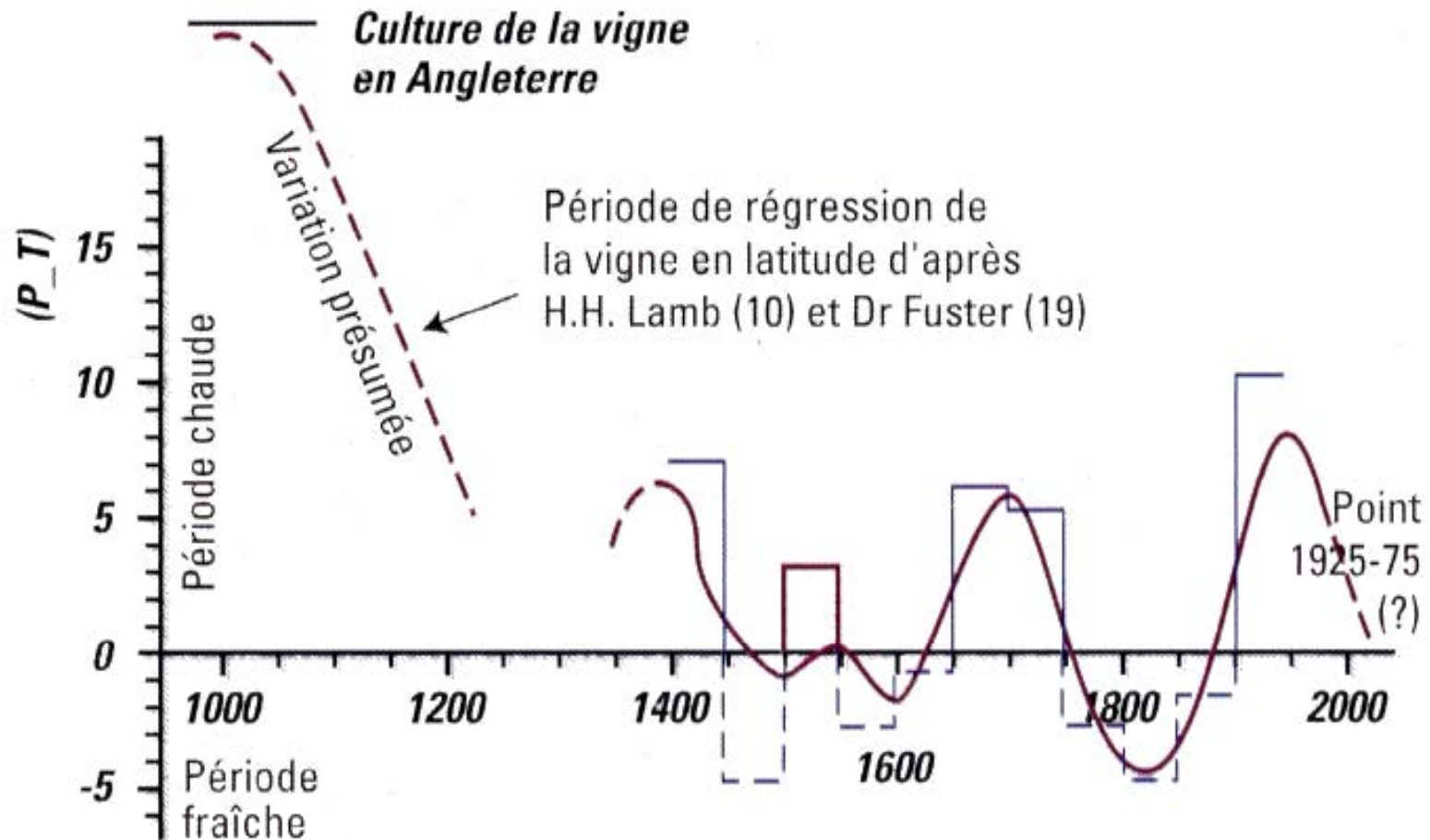
**CHANGEMENT CLIMATIQUE:**  
**POSSIBILITÉS D'ÉVOLUTION DE LA**  
**VITICULTURE**

# LE CONSTAT DU RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE

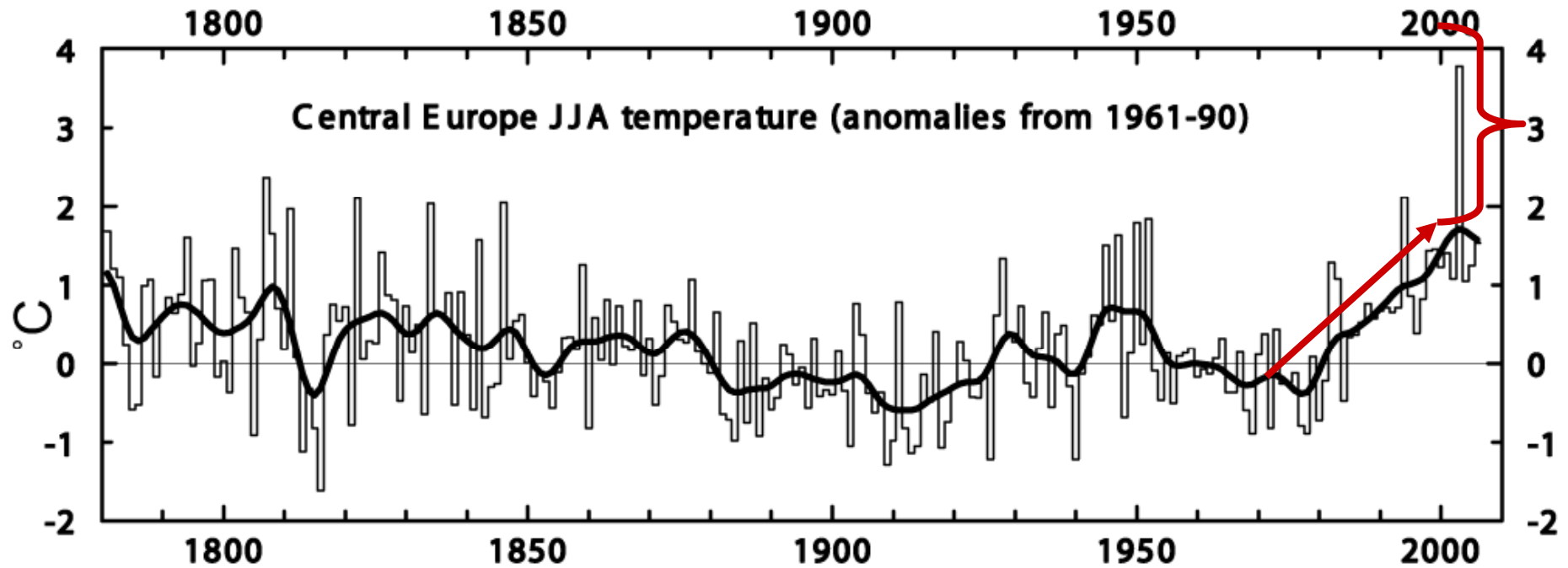


# HISTOIRE:

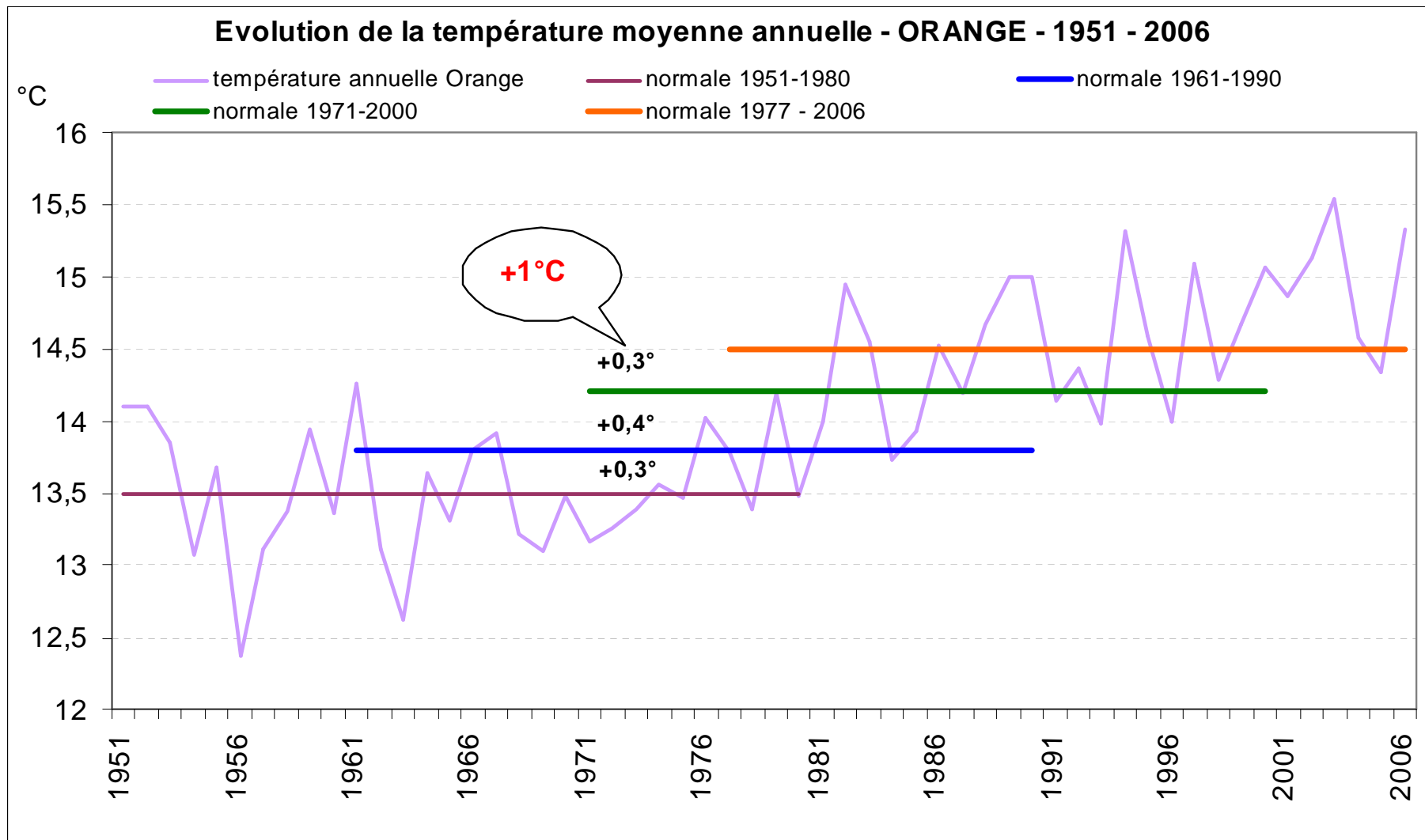
## BACK TO THE MIDDLE-AGE ...



# Heat waves are increasing: an example



Extreme Heat Wave  
Summer 2003  
Europe



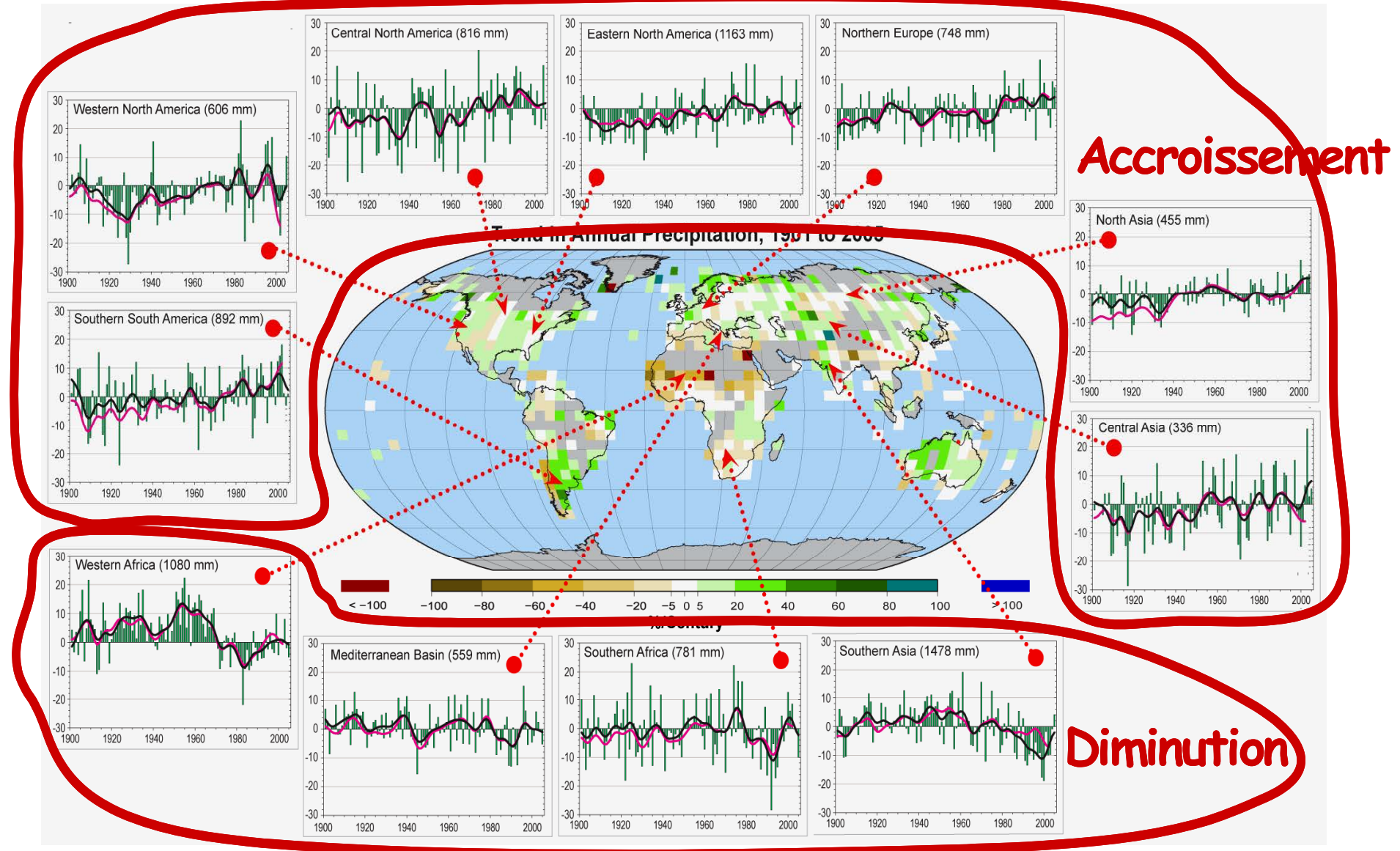
En comparant l'évolution des normales (30 ans) à la fin de chaque décennie, donc avec un recouvrement de 20 ans entre deux normales successives, on obtient une élévation de 1°C sur la période 1951 -2006.

D'après JP Ramel CIRAME Carpentras

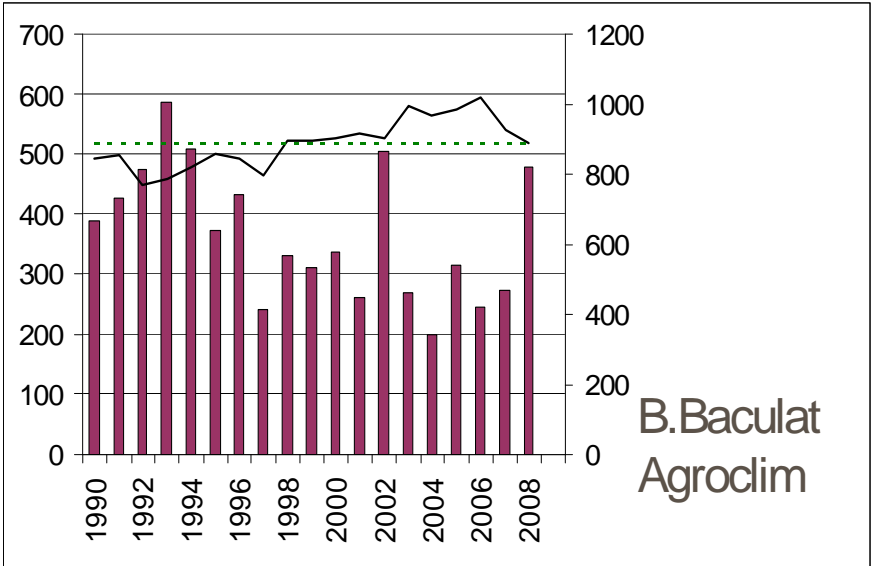
# LE CHANGEMENT CLIMATIQUE GLOBAL



# Les précipitations sur les continents changent significativement

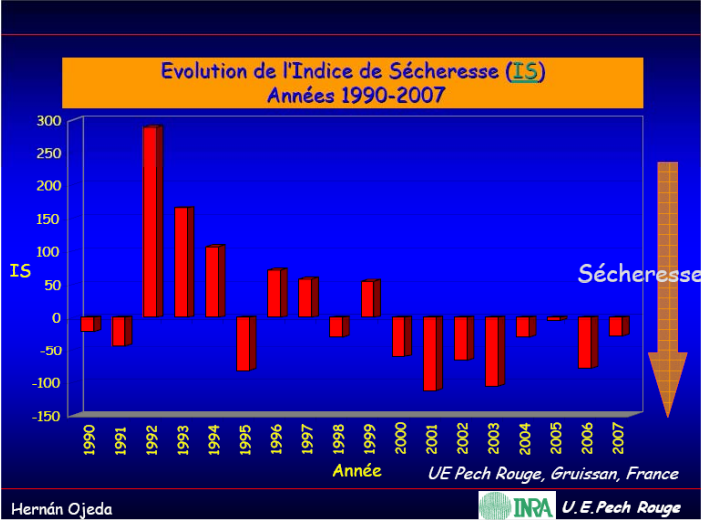
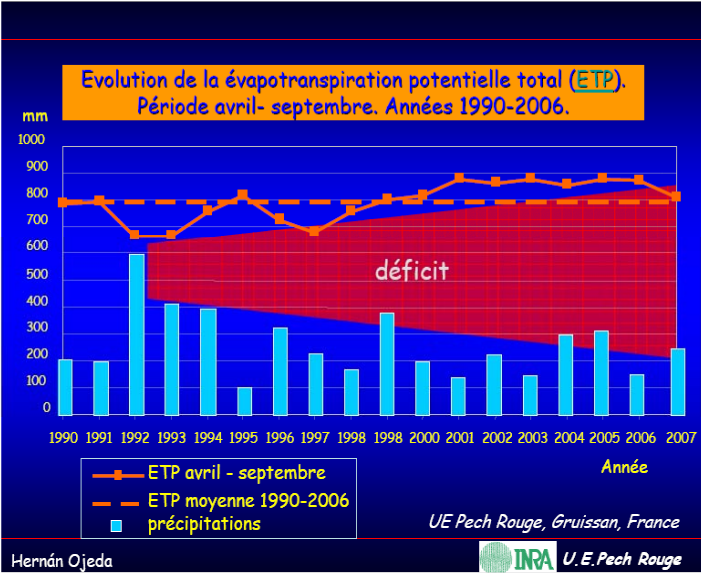


# Des années sèches dans le sud



Avignon

Narbonne





# LES CAUSES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE



# The earth radiative balance

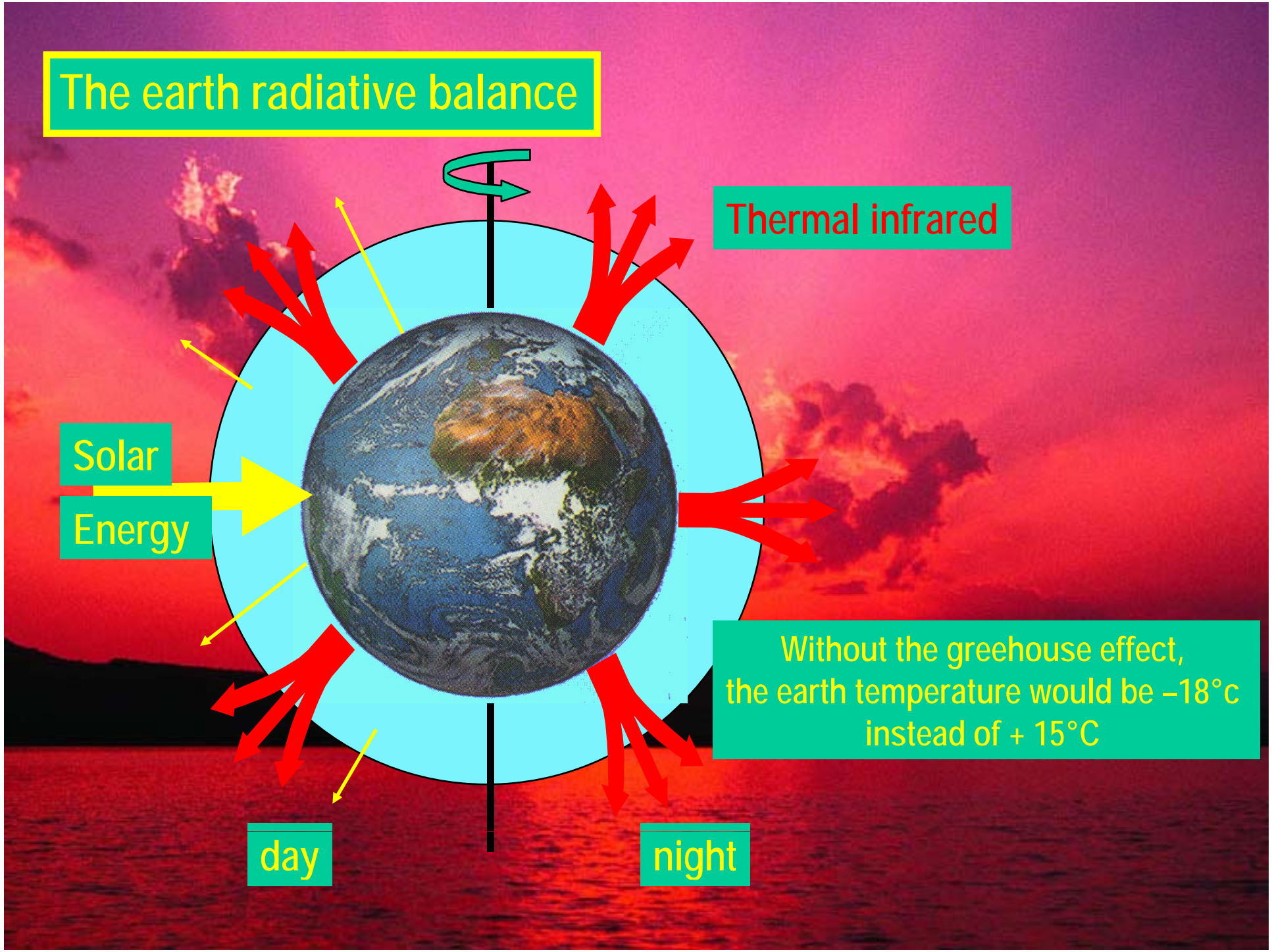
Solar  
Energy

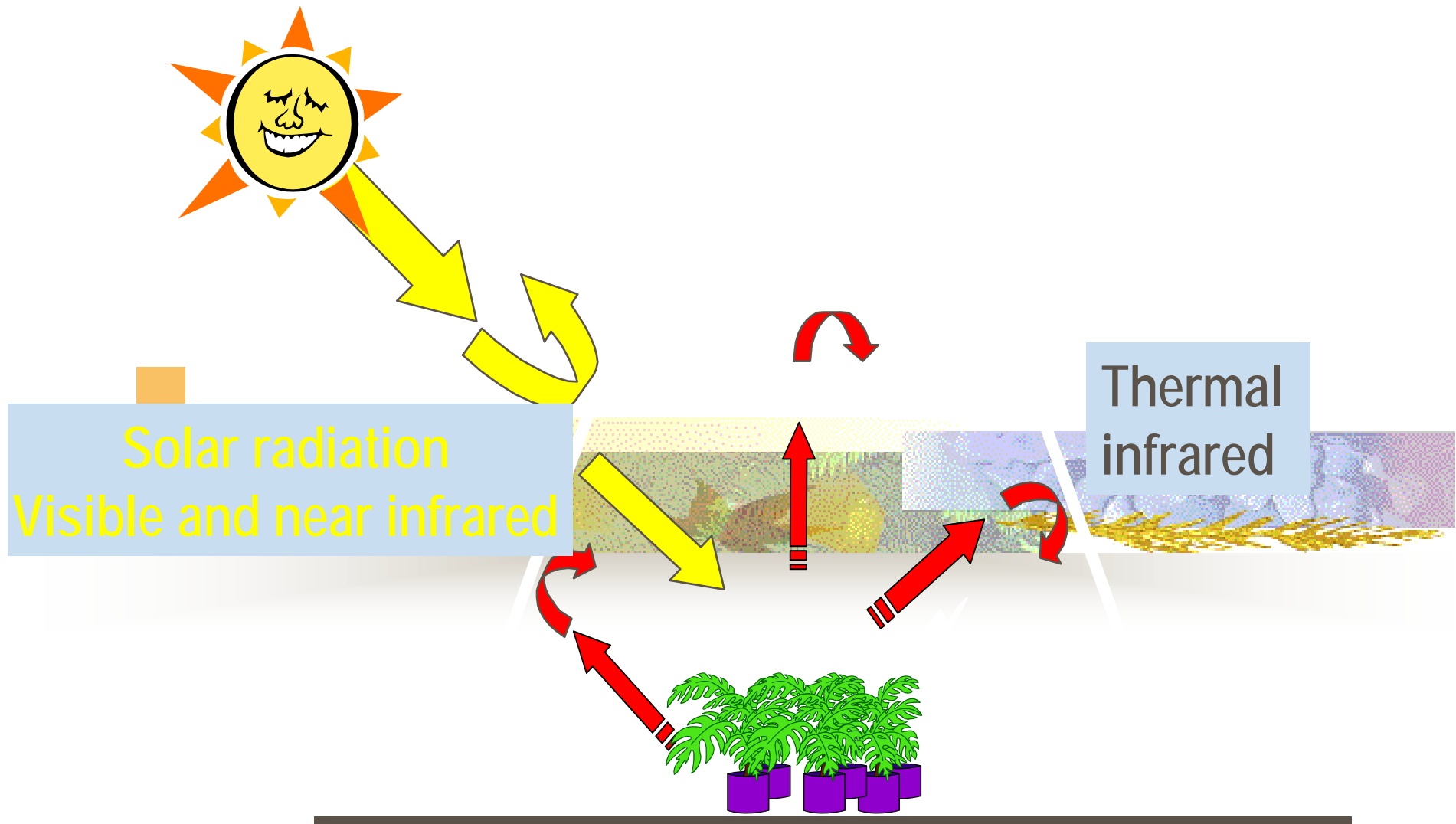
Thermal infrared

Without the greenhouse effect,  
the earth temperature would be  $-18^{\circ}\text{C}$   
instead of  $+15^{\circ}\text{C}$

day

night





# L'effet de serre



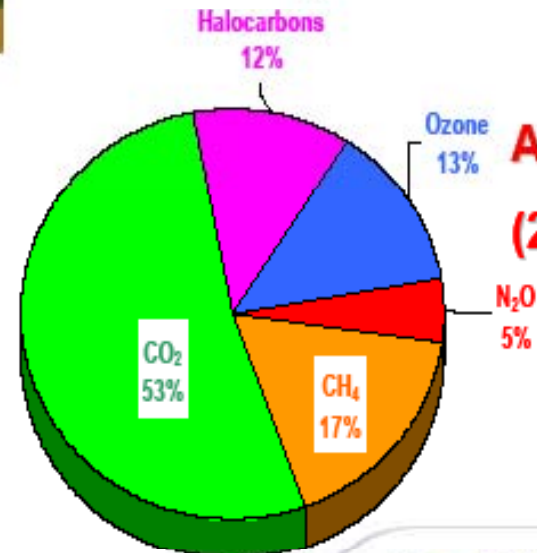
Les gaz **additionnels** piègent une part significative du rayonnement infrarouge émis par la surface de la Terre

→ Ceci équivaut à piéger environ 1% du rayonnement solaire

.... ce qui représente une quantité colossale d'énergie!

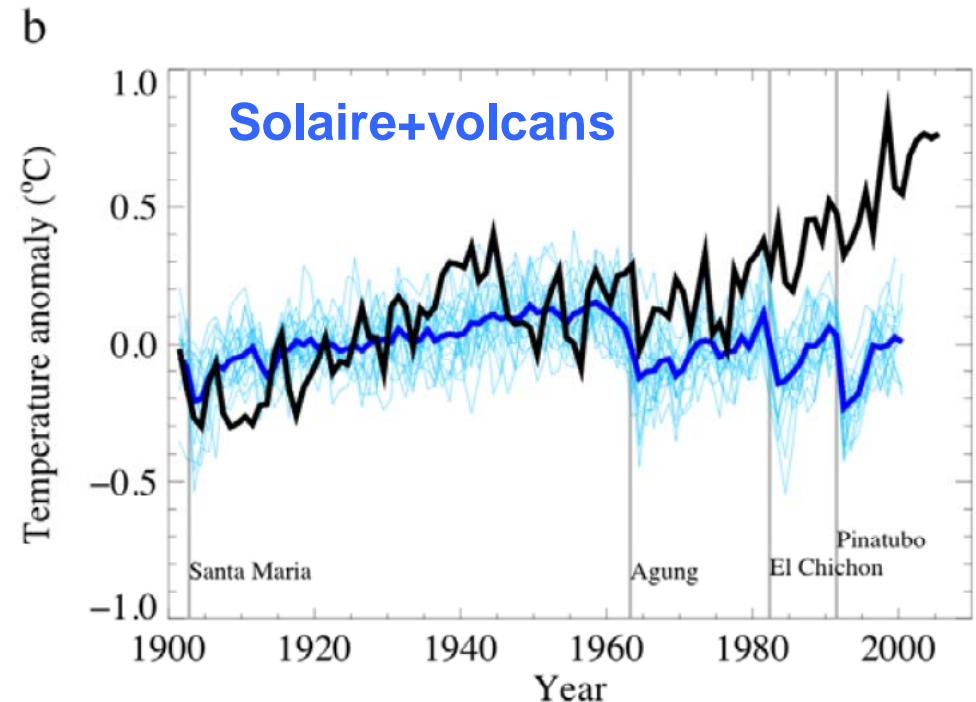
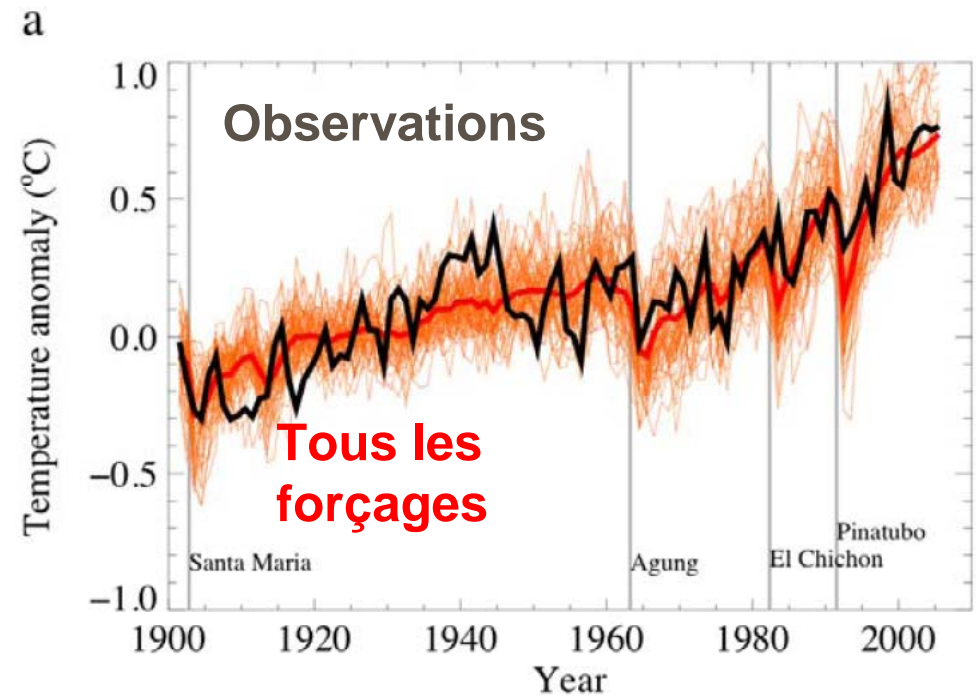


**Naturel**  
**(155 W/m<sup>2</sup>)**



**Anthropogenic**  
**(2.8 W/m<sup>2</sup>)**

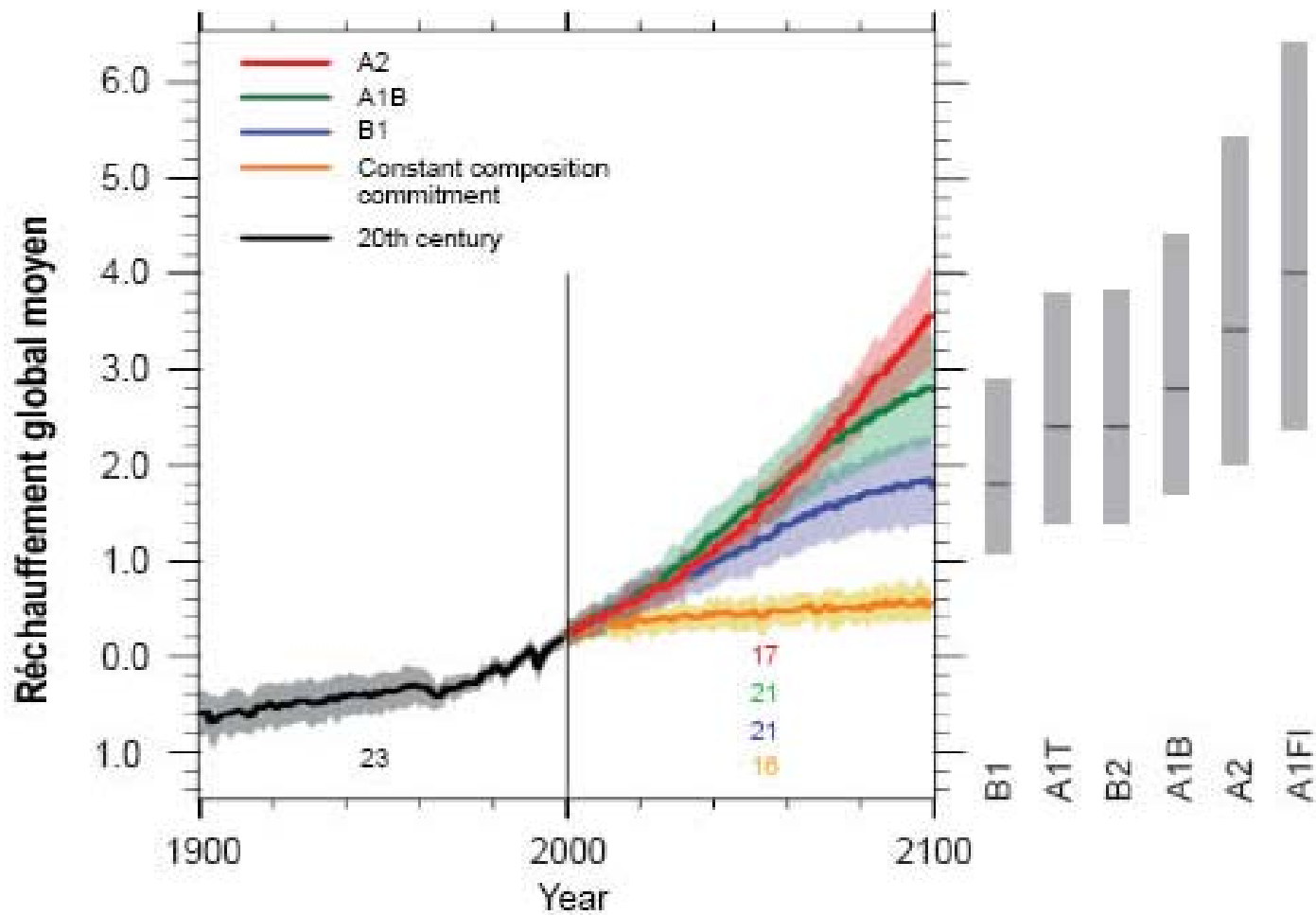
- Les changements observés sont en accord avec les réponses du forçage par les GES
- Ils sont en désaccord avec d'autres explications



# LES MODÈLES DE PRÉVISION DU G.I.E.C.



# Les scénarios climatiques (GIEC 2007)



## LE DEVENIR DU CHANGEMENT CLIMATIQUE ?

→ QUEL SCENARIO GIEC: B1? A1B? A2?

→ RENVERSEMENT DE TENDANCE après 2010:

- Copenhague: *syndrome de l'échec?*  
*ou début de solution de maîtrise du CO2?*
- Nature: *possibilité d'un cycle long opposé?*  
*et quelle explication?*

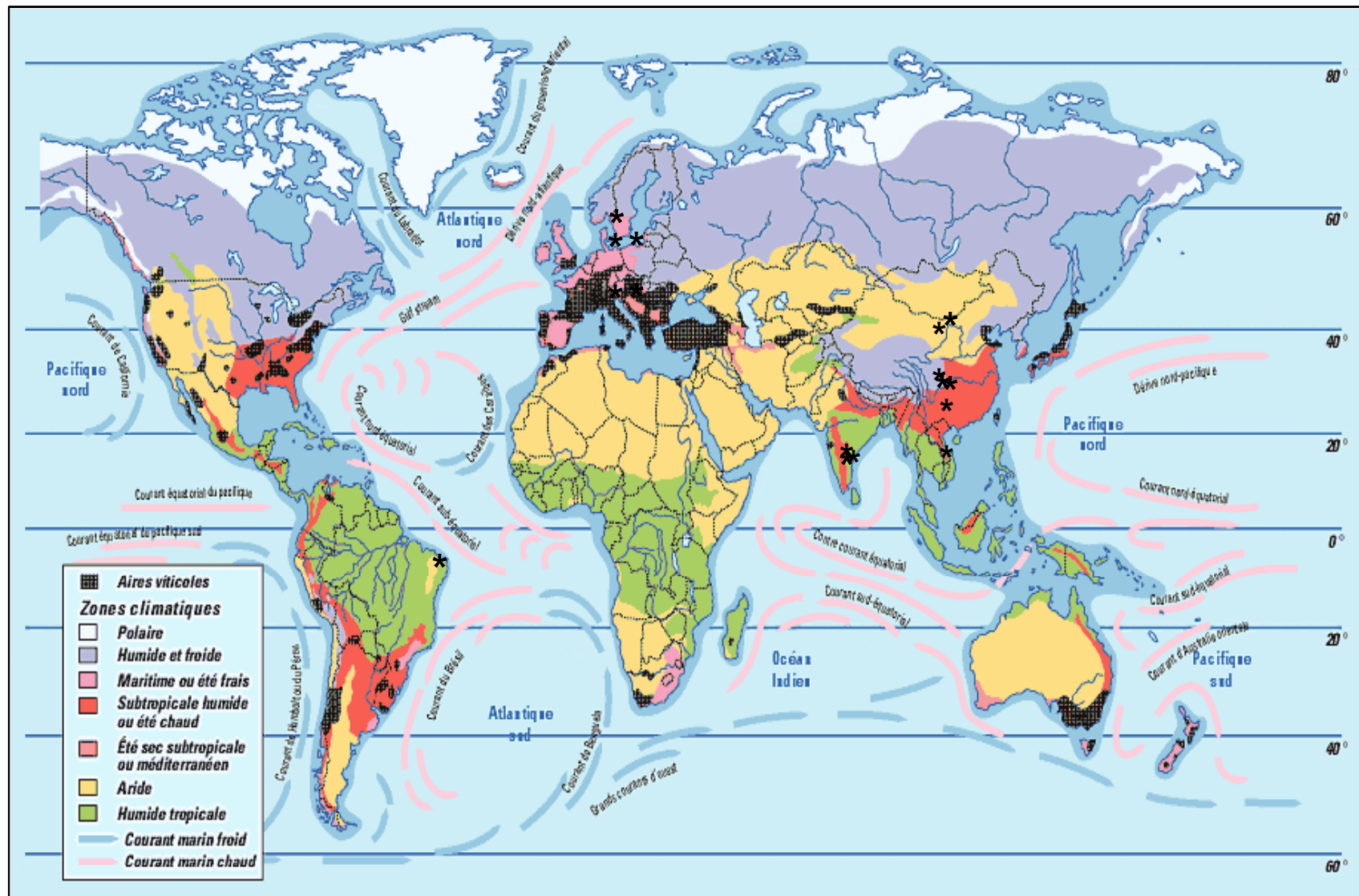
→ RAISONNEMENT DANS LE CONTEXTE B1 !



# L'ÉVOLUTION DE LA GÉOGRAPHIE VITICOLE



# CLIMATIC ZONES AND VINE ON A GLOBAL SCALE



# OÙ EST LA LIMITE NORD (H.N.) DE LA VITICULTURE?

## CLIMATE AND VINE PRODUCTION

### LIMITE SEPTENTRIONALE DE LA VIGNE EN EUROPE

- Limite Nord de la culture de la vigne
- ..... Isohéliotherme 2.6
- Isotherme  $-1^{\circ}\text{C}$  en janvier





# CLimate Change Adaptability of WINE

## FOCUS 43/2002 & other NEWS



### IPCC TAR WG 2

#### Grapevine:

- suitable area expands northwards into central and northern England and eastwards into parts of eastern Poland, Romania, Belorussia and the Ukraine.
- Increasing yield in southern England and Brandenburg

### FORSCHUNG & TECHNIK

Der Weinbau in Europa beschränkte sich bisher weit

### CBS News

## Britain: Great New Wine Region?

- *A Change In Climate Could Make It Happen*



„Tell a Frenchman that you're growing wine in England, and he thinks it's a bit of a joke.“

Ian Berwick,  
Bruisyard Vineyards

SAXMUNDHAM, England, April 06, 2000

### Vinologische Globalisierung

Somit das Szenario der Klimaforscher, könnten Reben in den nächsten 30 oder 40 Jahren in ganz Norddeutsch-

land gedeihen. Im mittleren Europa würden südliche Spezialitäten wie Merlot oder Syrah Standard werden.



Paris 4 April 2003



# CLimate Change Adaptability of WINE

## FOCUS 43/2002 & other NEWS



### IPCC TAR WG 2

#### Grapevine:

- suitable area expands northwards into central and northern England and eastwards into parts of eastern Poland, Romania, Belorussia and the Ukraine.
- Increasing yield in southern England and Brandenburg

### FORSCHUNG & TECHNIK

Der Weinbau beschränkte sich gehend auf die 40. und 50. Breitensteigerender Temperatur Rebe nur Hundwärtwärts – bis nach

### BBC NEWS

Friday, 28 June, 2002, 16:16 GMT 17:16 UK

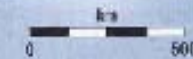
### Denmark's wine challenge



Danes have not been able to make wine for 10 years

Somit das Szenario der Klimaforscher, könnten Reben in den nächsten 30 oder 40 Jahren in ganz Norddeutsch-

land gedeihen. Im mittleren Europa würden südliche Spezialitäten wie Merlot oder Syrah Standard werden.



Paris 4 April 2003



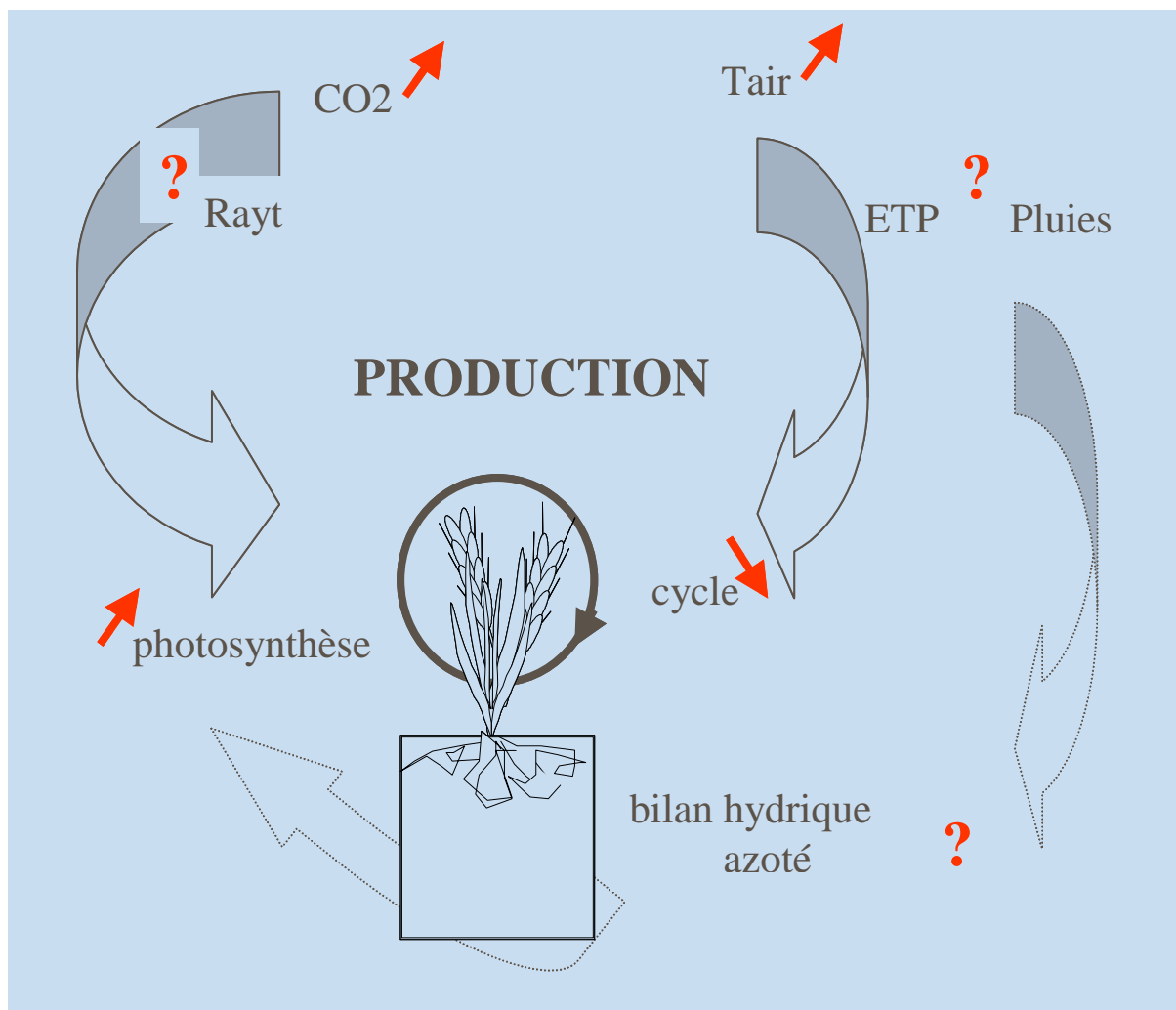
**ET L'EXTRÊME – SUD ?**

***Condamné à être le « désert » viticole?***

# LES RÉPONSES PHYSIOLOGIQUES DE LA VIGNE

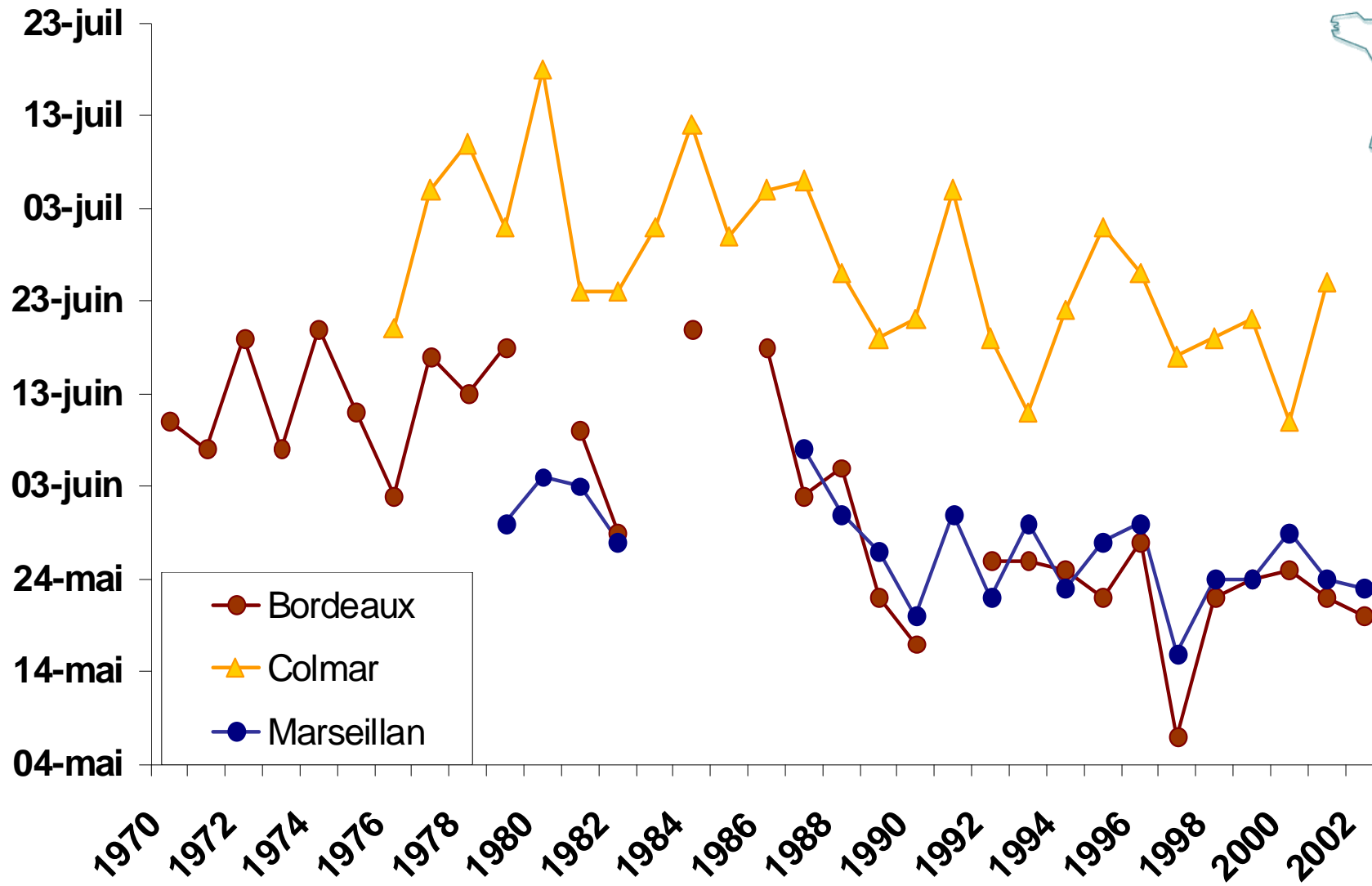


# Les impacts sur la production végétale





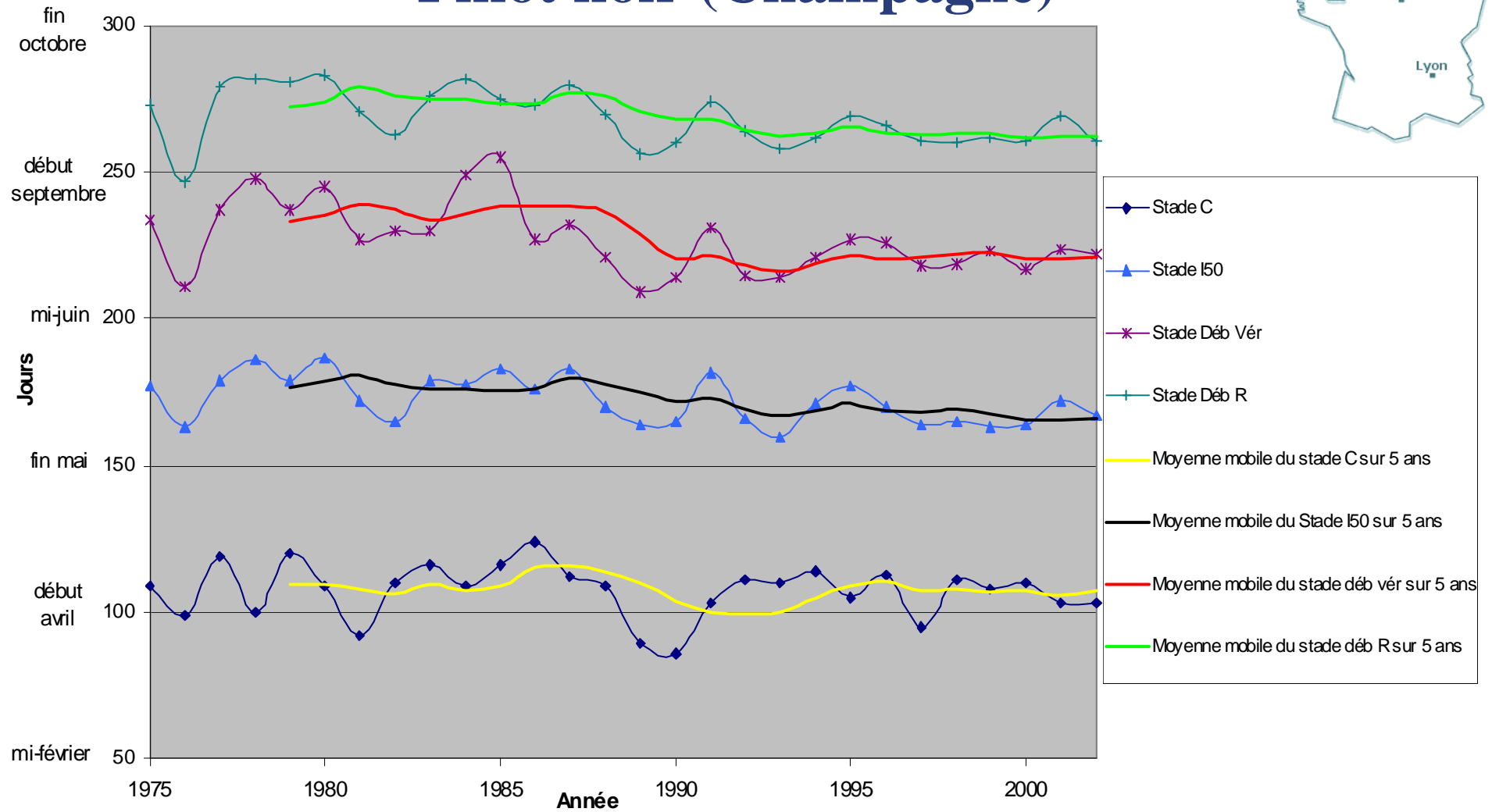
# TRENDS IN VINE PHENOLOGY



Flowering of Chasselas

# TRENDS IN VINE PHENOLOGY.

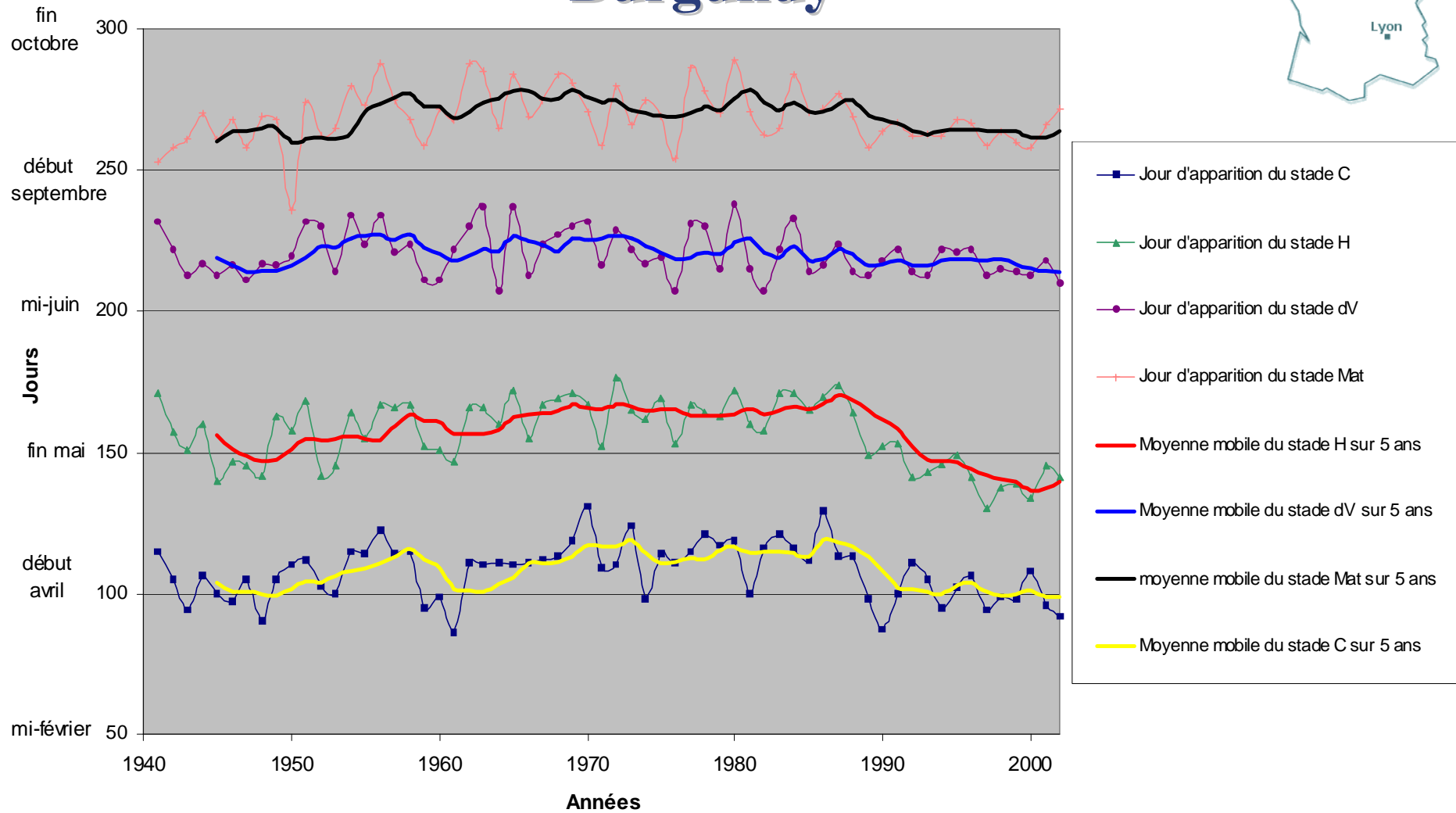
## Pinot noir (Champagne)



Source : CIVC

# TRENDS IN VINE PHENOLOGY.

## Burgundy



Source : Cécile PERRUCHOT domaine Latour Bourgogne

# TRENDS IN VINE PHENOLOGY. Alsace

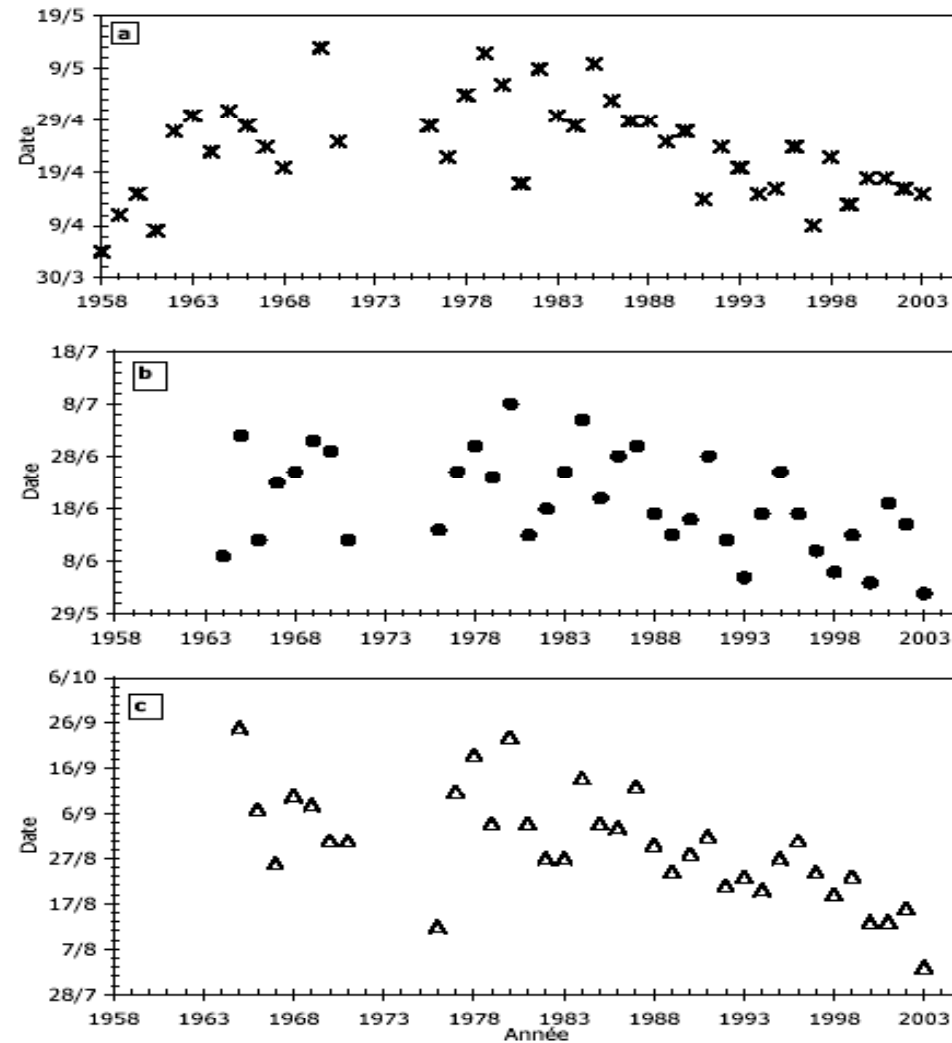
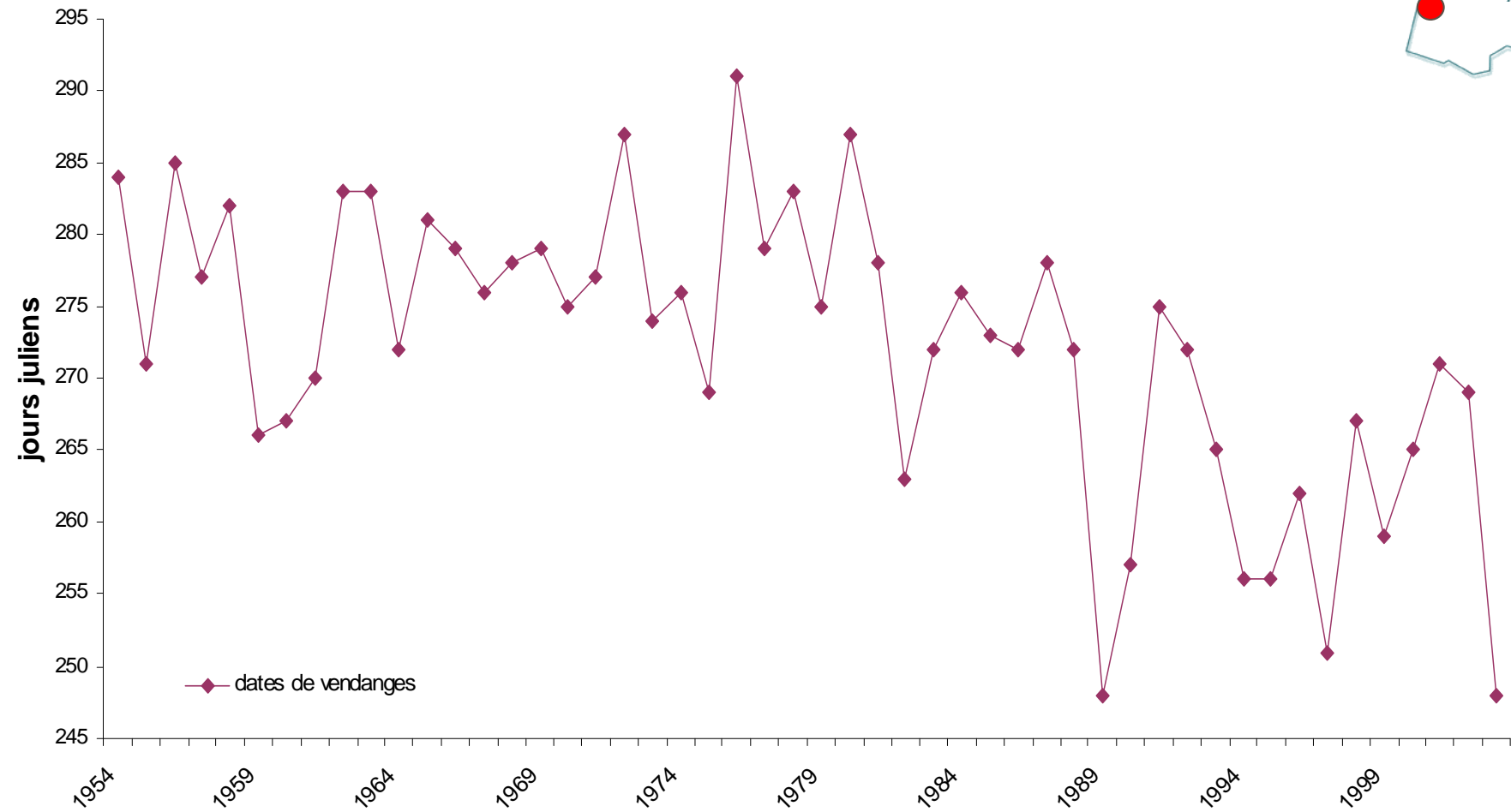


Figure 4 : Dates de débourrement (a), mi-floraison (b) et véraison (c) du riesling à Bergheim (68). Données INRA.

( Duchêne 2004)

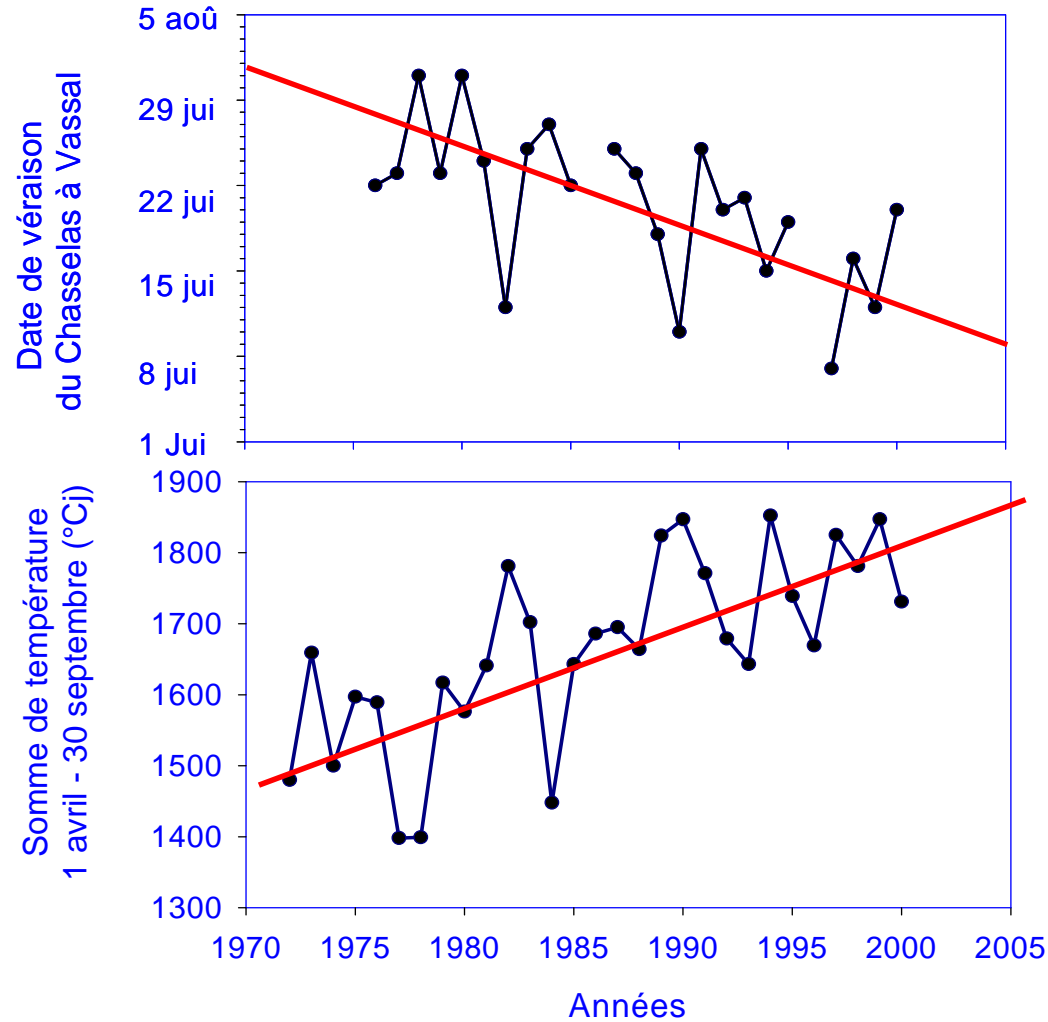
# TRENDS IN PHENOLOGY (HARVEST DATE). Bordeaux

Dates de vendanges du Merlot dans le Médoc depuis 1954



# TRENDS IN VINE PHENOLOGY.

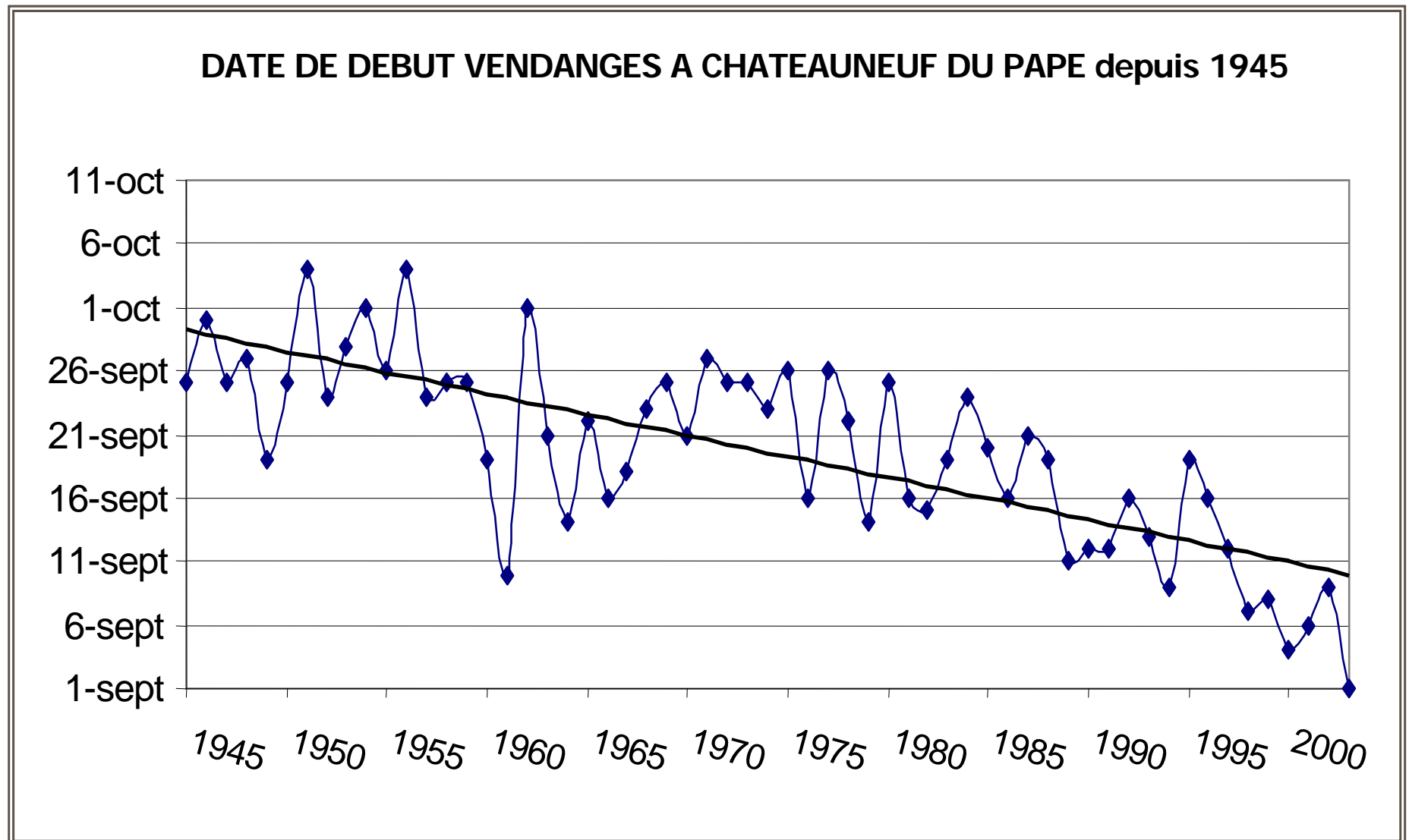
## Languedoc



La date moyenne de véraison s'est décalée du 28/07 au 12/07 soit un gain d'environ 2 semaines

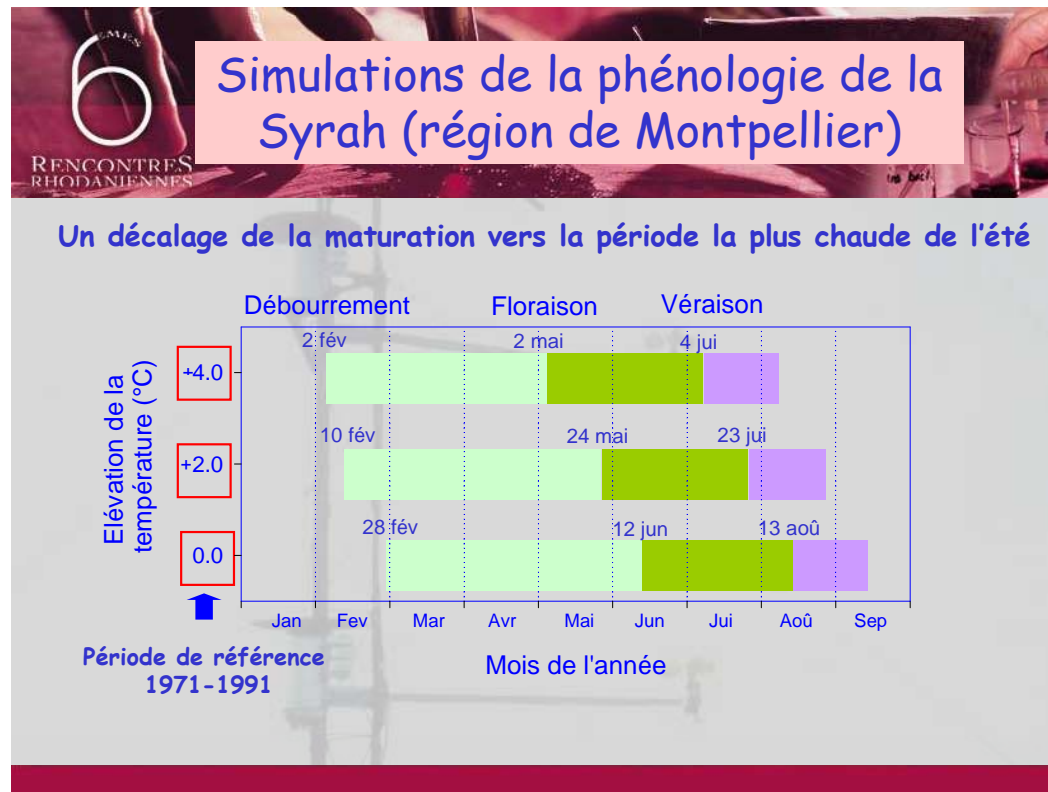
Un réchauffement d'environ 1.4°C sur la période du 1/04-30/09 soit un allongement du cycle de 250°C.j

# Phénologie de la vigne



Données de B. Ganichot Institut Rhodanien Orange

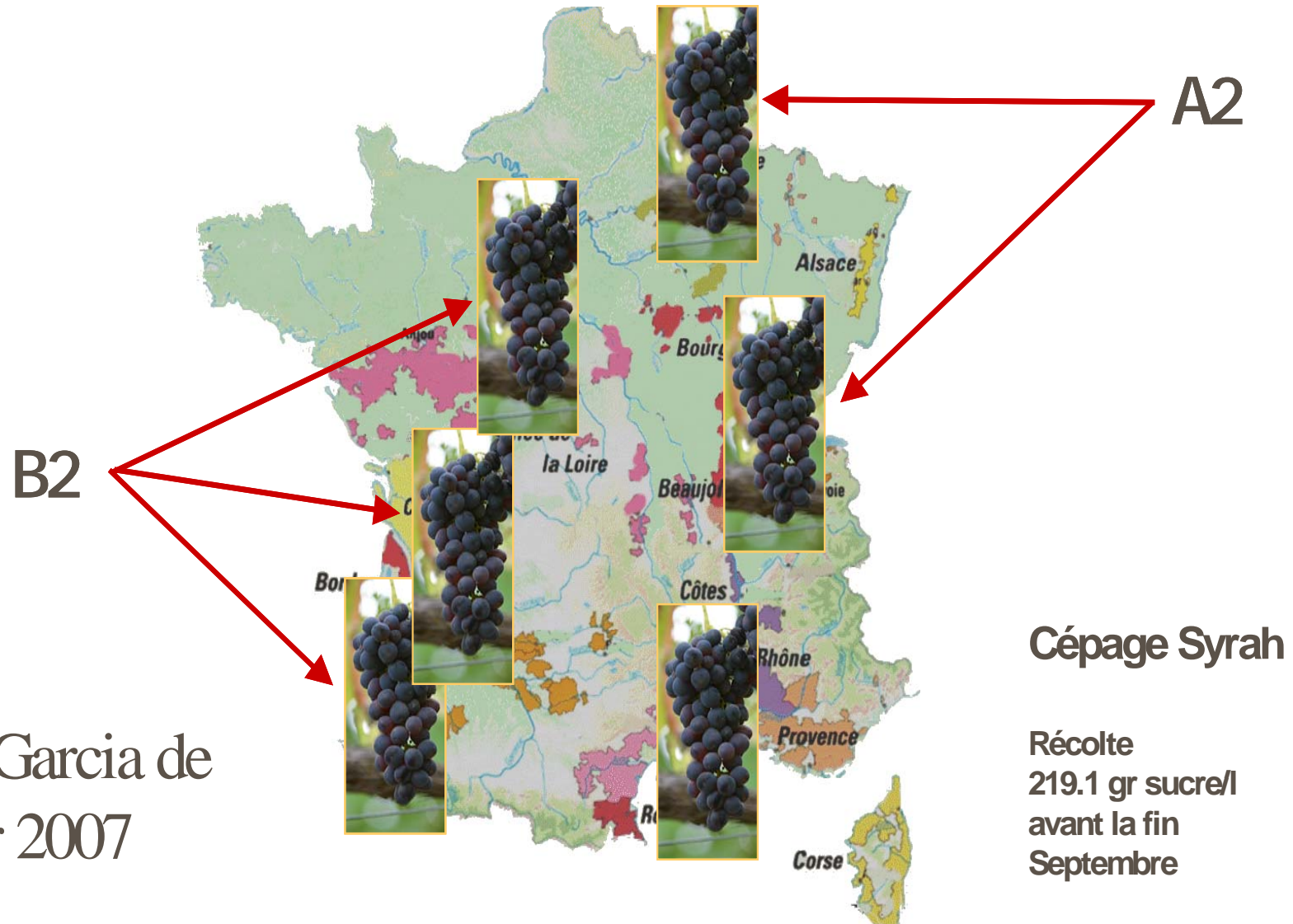
# Phénologie de la vigne



Lebon (2002)



# Quelle mobilité pour la vigne?



Thèse I. Garcia de  
Cortazar 2007

**Réponses physiologiques de la Vigne (1)**  
**(Carbonneau et al., 2007)**

| Développement -<br>Phénologie            | >T°c<br>(+ Rg) | > Bilan<br>hydrique | < Bilan<br>hydrique | > Stress<br>hydrique | Choix d'adaptation                             |
|--|----------------|---------------------|---------------------|----------------------|--|
| Entrée en dormance du<br>bourgeon latent | =              | =                   | =                   | =                    | Assurer l'aoûtement<br>de la zone de taille    |
| Levée de dormance du<br>bourgeon latent  | < =            | =                   | =                   | = >                  | Taille, cyanamide H<br>Cépage, Lieu            |
| Débourrement du<br>bourgeon latent       | <              | =                   | =                   | =                    | Taille<br>Cépage, Lieu                         |
| Floraison / Nouaison                     | <              | =                   | =                   | = >                  | « re-Taille »<br>Cépage, Lieu                  |
| Véraison                                 | <              | = >                 | < =                 | >                    | Gestion eau, Irrigation<br>Cépage, Lieu        |
| Maturité 'sucres'                        | <              | >                   | <                   | >                    | Système Culture,<br>Irrigation<br>Cépage, Lieu |

**Réponses physiologiques de la Vigne (2)**  
**(Carbonneau et al., 2007)**

| <b>Croissance - Photosynthèse</b>                   | <b>&gt;T°c (+ Rg)</b> | <b>&gt; Bilan hydrique</b> | <b>&lt; Bilan hydrique</b> | <b>&gt; Stress hydrique</b> | <b>Choix d'adaptation</b>                |
|---|-----------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|--|
| <b>Croissance végétative printanière</b>            | >                     | >                          | < =                        | <                           | Système Culture, Gestion eau, Irrigation |
| <b>Croissance végétative estivale</b>               | = >                   | >                          | <                          | <<                          | Système Culture, Gestion eau, Irrigation |
| <b>Croissance des racines</b>                       | =                     | =                          | >                          | <                           | Système Culture, Gestion eau, Irrigation |
| <b>Transpiration</b>                                | >                     | >                          | <                          | <<                          | Système Culture, Gestion eau, Irrigation |
| <b>Photosynthèse printanière (&gt;CO2)</b>          | >>                    | >                          | =                          | <                           | Système Culture, Gestion eau, Irrigation |
| <b>Photosynthèse estivale – automnale (&gt;CO2)</b> | >                     | >                          | <                          | <<                          | Système Culture, Gestion eau, Irrigation |

**Réponses physiologiques de la Vigne (3)**  
**(Carbonneau et al., 2007)**

| Composantes du Rendement                             | >T°c<br>(+ Rg) | > Bilan hydrique | < Bilan hydrique | > Stress hydrique | Choix d'adaptation                                  |
|--|----------------|------------------|------------------|-------------------|---|
| Initiation des inflorescences<br>(printemps A-1)     | >              | = >              | < =              | <                 | Systeme Culture<br>Gestion eau, Irrigation          |
| Initiation des fleurs<br>(printemps A, débourrement) | <              | =                | =                | =                 | Taille précoce<br>Cépage, Lieu                      |
| Nouaison   | >              | < =              | =                | <                 | Systeme Culture<br>Gestion eau, Irrigation<br>Clone |
| Croissance du raisin<br>(nouaison – véraison)        | >              | >                | < =              | <                 | Systeme Culture<br>Gestion eau, Irrigation          |
| Croissance du raisin<br>(véraison – maturité)        | =              | >                | <                | <<                | Systeme Culture<br>Gestion eau, Irrigation          |
| Rendement total<br>(tendance moyenne)                | = >            | >                | < =              | <                 | Systeme Culture<br>Gestion eau, Irrigation          |

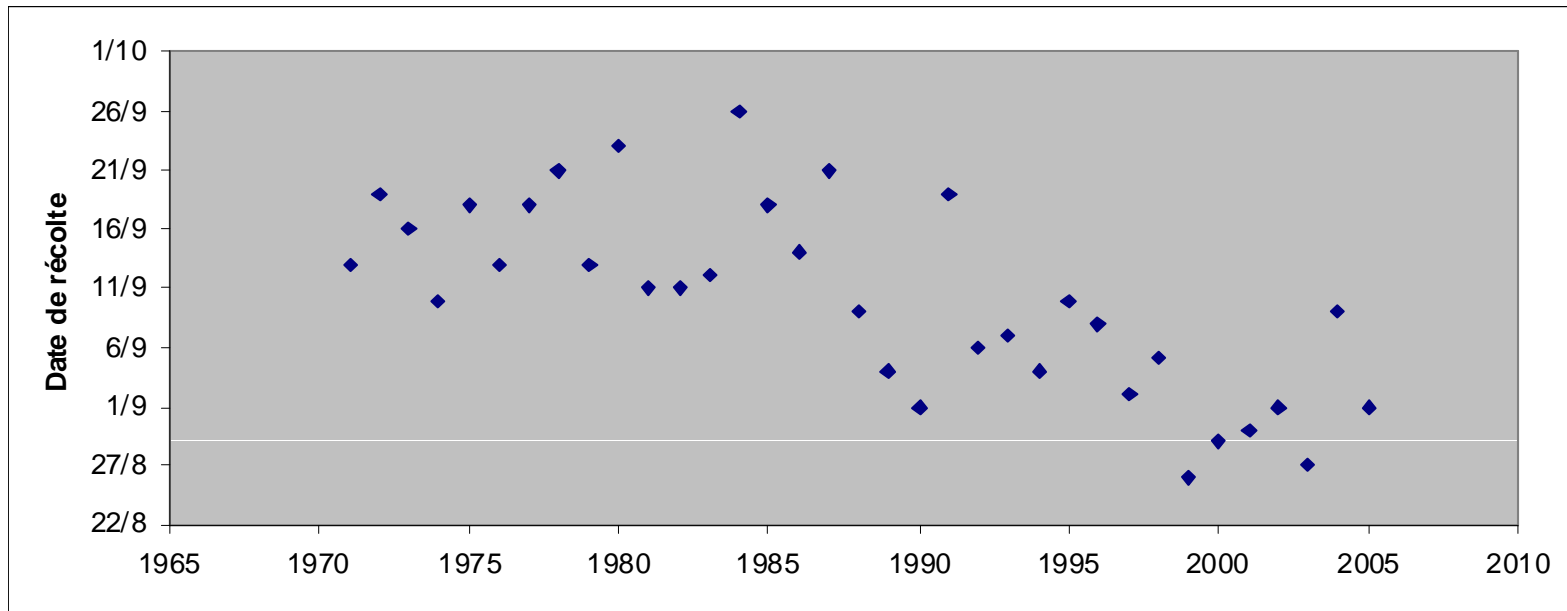
**Réponses physiologiques de la Vigne (4)**  
**(Carbonneau et al., 2007)**

| Composantes de la Qualité du raisin | >T°c (+ Rg)      | > Bilan hydrique | < Bilan hydrique | > Stress hydrique | Choix d'adaptation   |
|-------------------------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|--|
| Teneur en sucres                    | >                | < =              | >                | <                 | Système Culture<br>Gestion eau, Irrigation<br>Date récolte<br>Cépage       |
| pH                                  | >                | < =              | = >              | >>                | Système Culture<br>Gestion eau, Irrigation<br>Date récolte<br>Cépage       |
| Métabolites secondaires             | <<br>(>T°c nuit) | <                | >                | <                 | Système Culture<br>Gestion eau, Irrigation<br>Date récolte<br>Cépage, Lieu |
| Typicité (expression du terroir)    | < =              | < =              | >                | <<                | Système Culture<br>Gestion eau, Irrigation<br>Date récolte<br>Cépage, Lieu |

**Réponses physiologiques de la Vigne (5)**  
**(Carbonneau et al., 2007)**

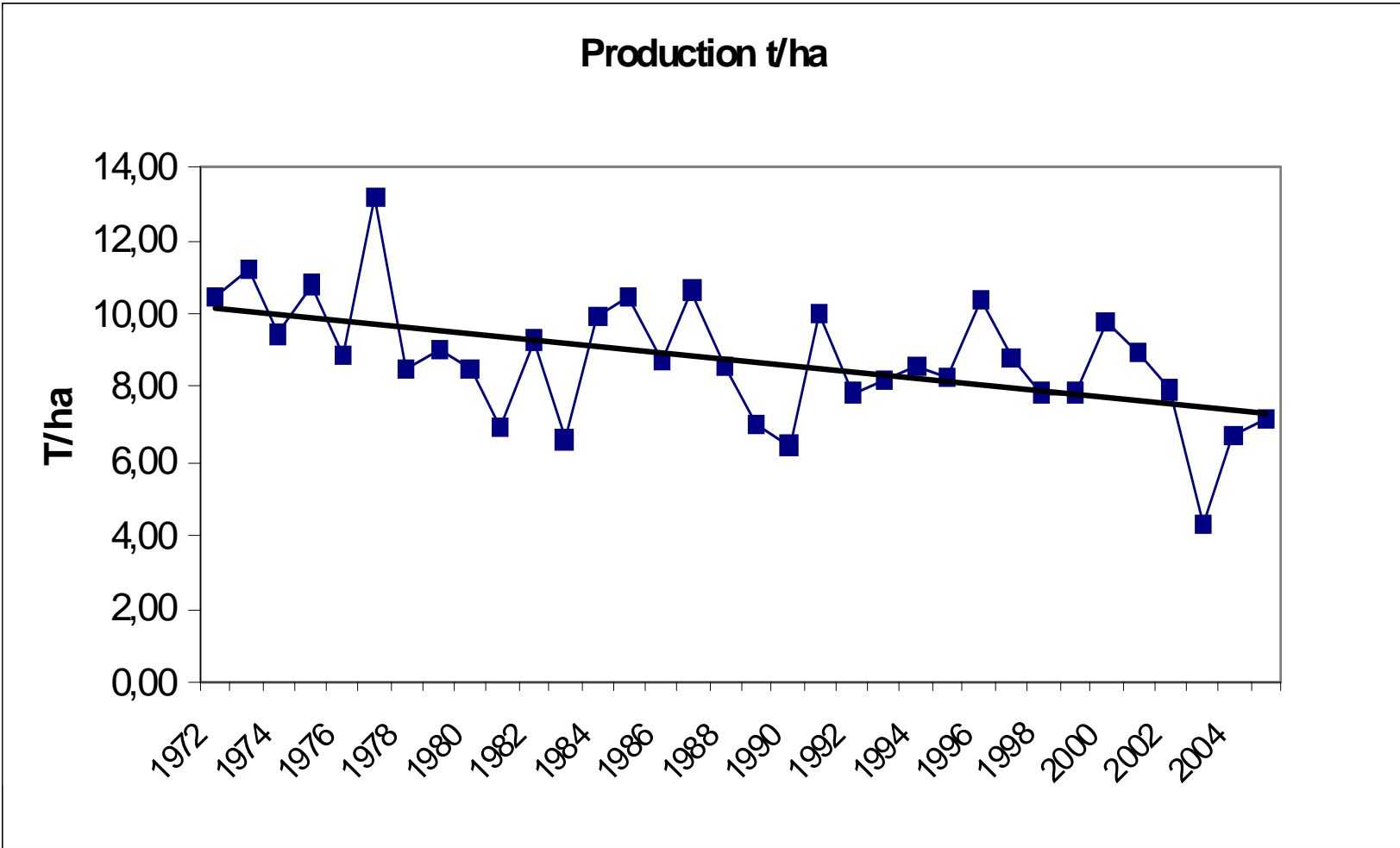
| État sanitaire végétation - raisins              | >T°c (+ Rg) | > Bilan hydrique | < Bilan hydrique | > Stress hydrique | Choix d'adaptation                      |
|--|-------------|------------------|------------------|-------------------|---|
| Ravageurs aériens                                | = >         | = >              | <                | <<                | Protection intégrée<br>Lutte biologique |
| Parasites cryptogamiques (hors <i>Botrytis</i> ) | =           | >                | <                | <<                | Protection intégrée<br>Cépage           |
| <i>Botrytis</i> sur grappes                      | = >         | >>               | <                | <<                | Système Culture<br>Effeillage<br>Cépage |

# Evolution récente avec STICS-vigne (date de maturité)



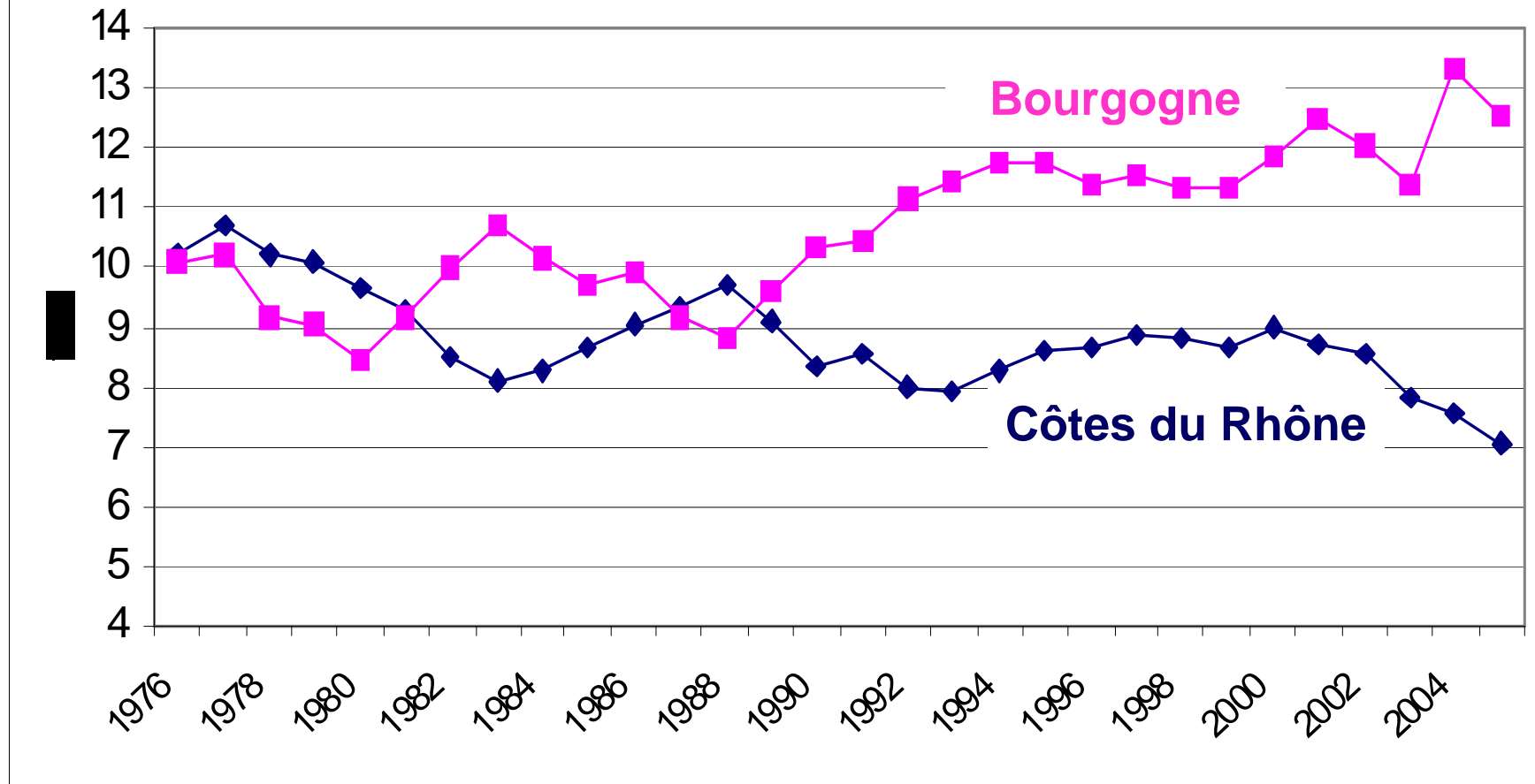
Résultats pour Avignon  
(Garcia de Cortazar 2008)

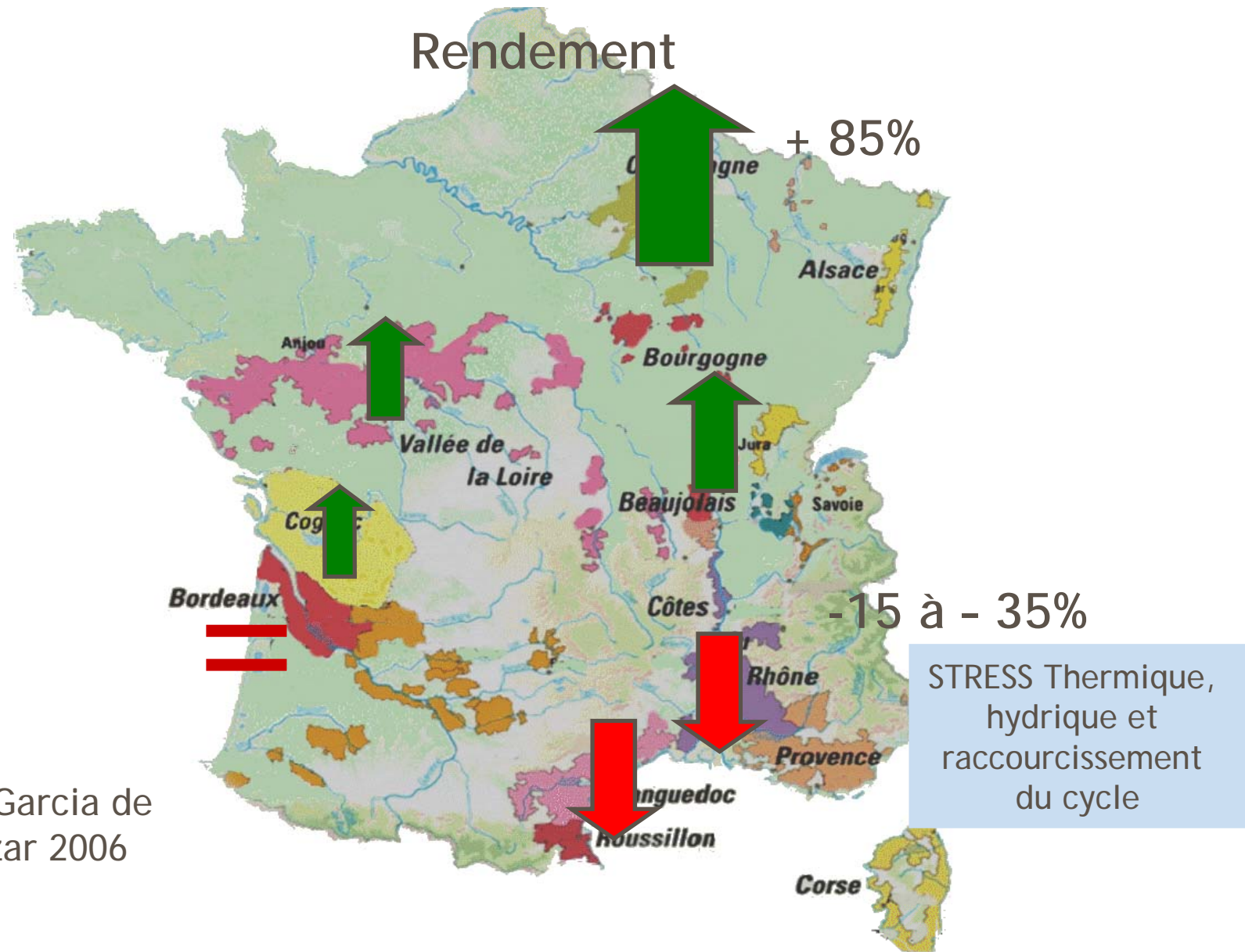
# Données CEVISE sur la production du Sud-est





## Production t/ha (moyenne mobile 5ans)

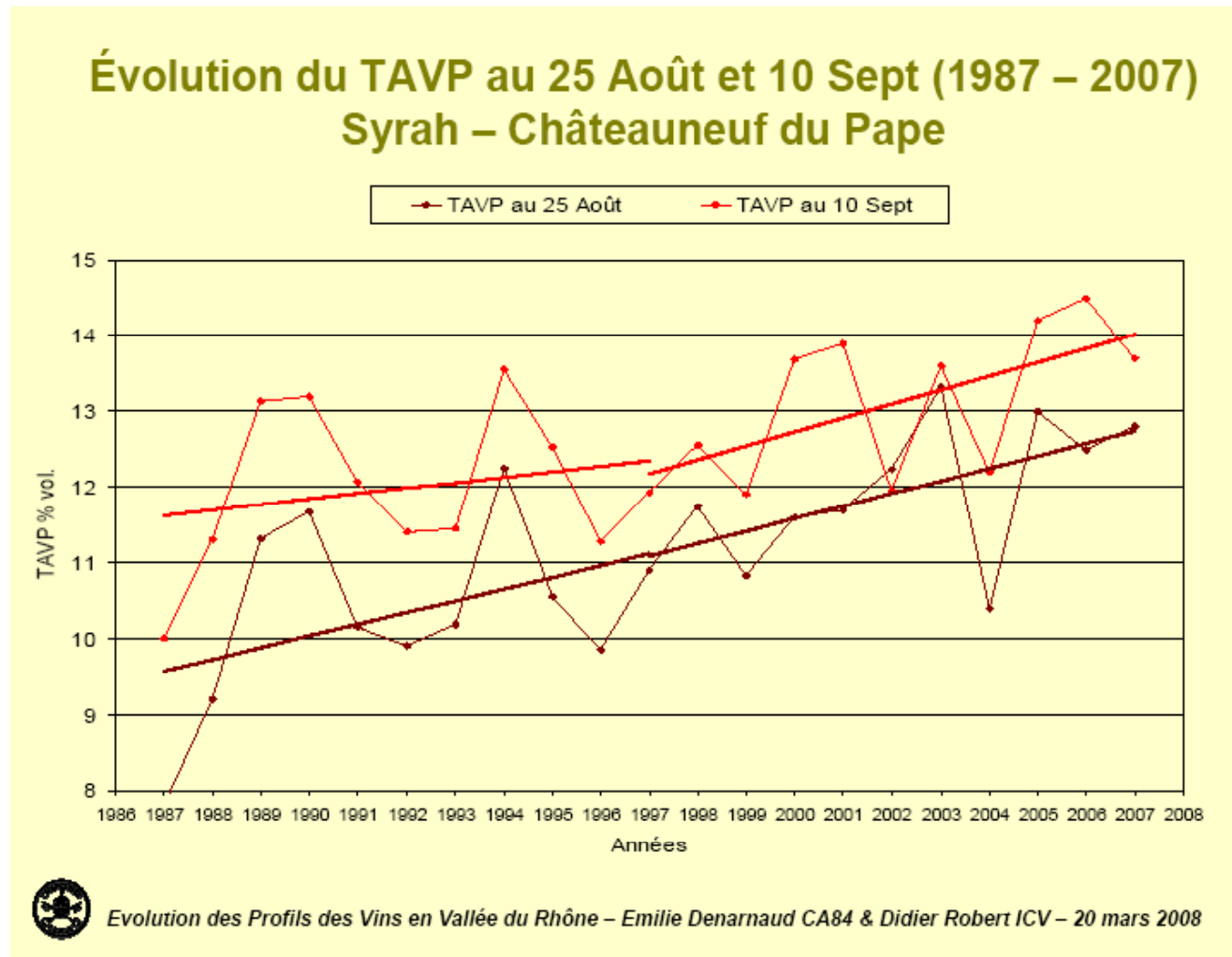




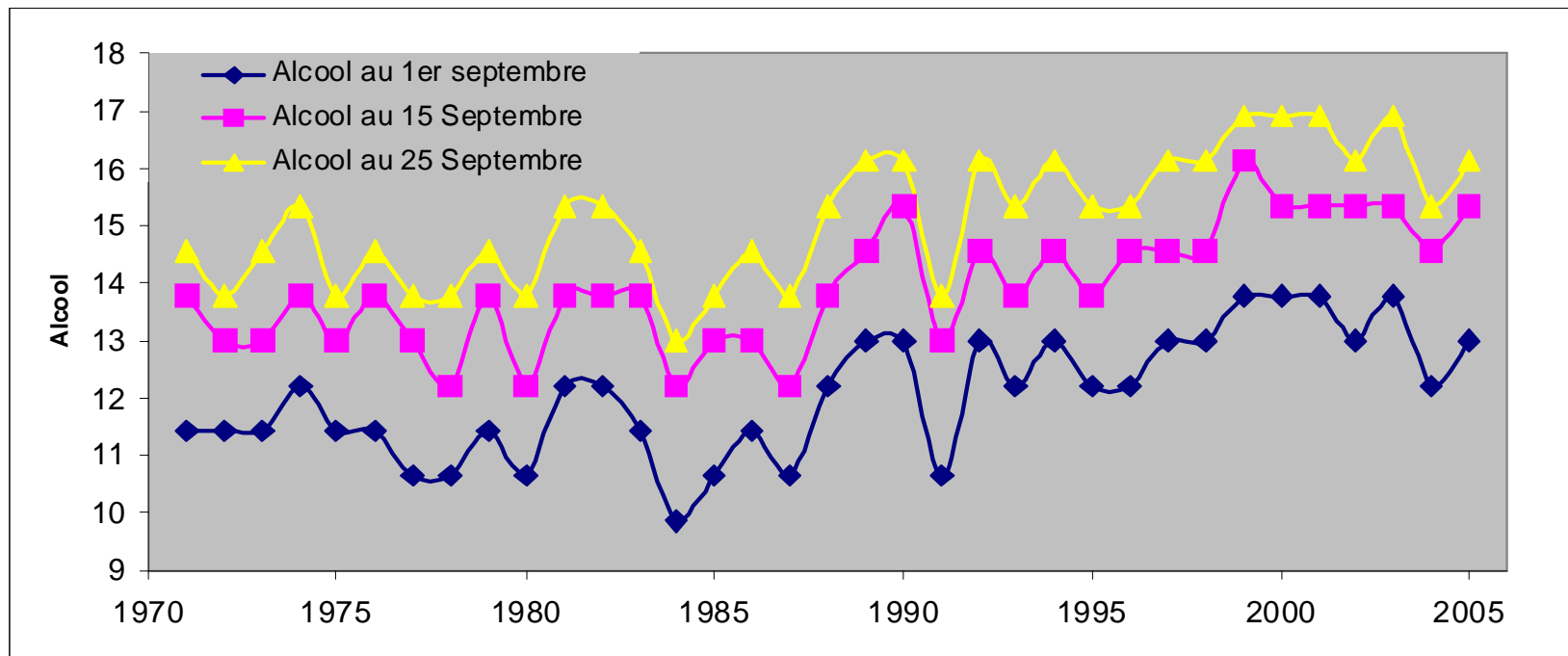
Thèse I.Garcia de Cortazar 2006

**Rendement: Interaction T°c x Eau (climat, sol)**

# Evolution dans les Côtes-du-Rhône



# Evolution récente avec STICS-vigne (degré alcoolique)



Résultats pour Avignon  
(Garcia de Cortazar 2008)

# SYNTHÈSE DES ADAPTATIONS POSSIBLES



## ADAPTATION GÉOGRAPHIQUE:

### Possibilités:

- Latitude: + 1°C → 200km vers le nord (h.n.)
  - Altitude: + 1°C → 150m en altitude
  - Exposition nord (h.n)

### Conséquences:

- Conditions économiques? Typicité Terroir?
  - Nouvelle viticulture septentrionale
  - Reconversion en limite méridionale?

## SYSTÈMES DE CULTURE:

→ **MAÎTRISE DE L'EAU:** retenues d'eau, aménagement du terrain, lutte contre l'érosion, **IRRIGATION** raisonnée

→ **SYSTÈME DE CONDUITE:** enracinement, modularité (Lyre pliable, Espalier modulé), auto-régulation (Taille Minimale – *non taille*)

→ **DATE DE RÉCOLTE / TYPICITÉ**

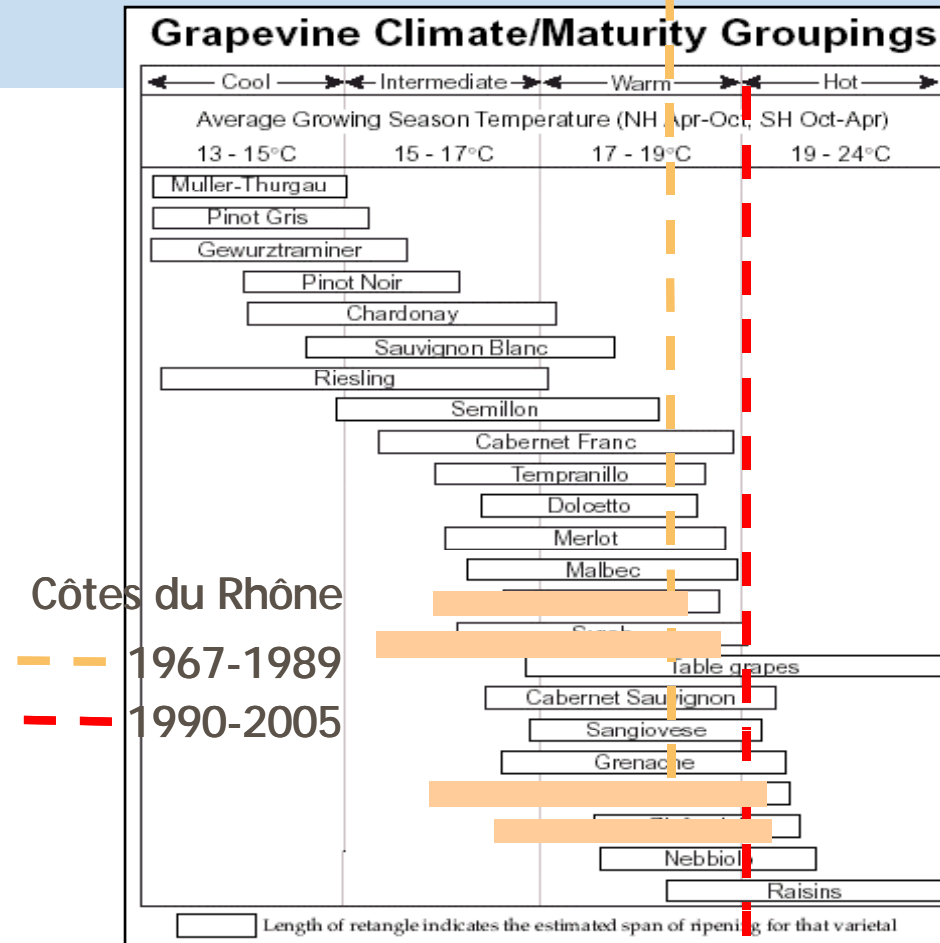
## SYSTÈMES DE CULTURE DURABLES:

- APPUI sur les avantages possibles de diminution de la pression parasitaire estivale
- ENVIRONNEMENT: la conscience accrue de la société rend la 'durabilité' nécessaire
- VITICULTURE DURABLE: rationaliser le '*Biologique*' et le '*biodynamique*'
- ZONES 'MÉDITERRANÉENNES' AVANTAGÉES



# CÉPAGES:

Températures de maturation pour les différentes cépages



Source: Jones, 2002, 2004, 2005

## CÉPAGES INTERNATIONAUX – PLASTICITÉ ?:

- **MERLOT**: expansion au ‘nord’, limitation sous sécheresse et forte chaleur, référence ‘fruité’
- **CABERNET – SAUVIGNON**: expansion limitée au ‘nord’, généralisation par gain de maturité
- **SYRAH**: expansion limitée au ‘nord’, référence de ‘pleine maturité’ et de ‘complexité’
- **CHARDONNAY**: nouveaux vignobles au ‘nord’, renforcement de la technologie œnologique
- **SAUVIGNON**: nouveaux vignobles au ‘nord’, tendance à rejoindre le Chardonnay car ‘fraîcheur’
  - Autres – prime aux :  
‘maturités difficiles’ (TANNAT, COT, PETIT VERDOT, MOURVÈDRE, BARBERA, PRIMITIVO..), aux ‘précoces’ (PINOT noir, gris..), aux ‘oubliés’ (VIOGNIER, RIESLING..)

## CÉPAGES NOUVEAUX, RÉSISTANTS:

→ Percée des nouveaux cépages à grande plasticité et haut potentiel qualitatif – ex: **MARSELAN**

→ Intégration de nouvelles variétés poly-résistantes en Viticulture Durable:

**BC5,6 *Muscadinia rotundifolia* (~ 1%) x *Vitis vinifera***

→ Diversification vers de nouveaux produits:  
cépages mûrissant à faible taux de sucres, adaptés aux jus...

## OPTIONS ŒNOLOGIQUES, NOUVEAUX PRODUITS:

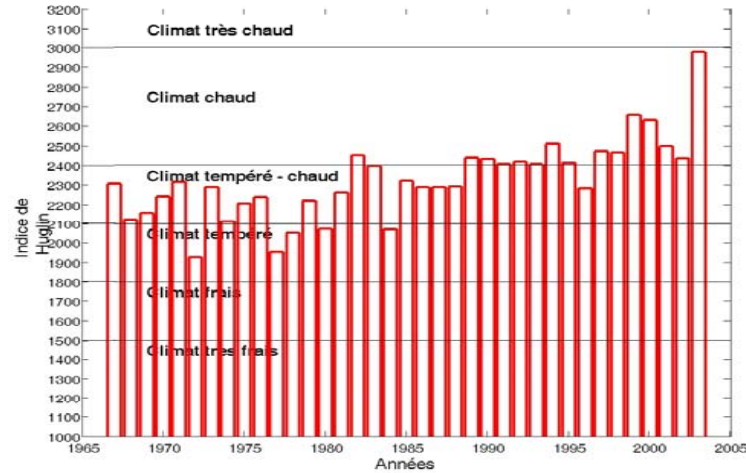
- Alcool: ajustement par désalcoolisation
- pH: ajustement par électrodialyse
- Métabolites secondaires: suivi analytique précis, optimisation de la date de récolte et de l'extraction
- Diversification: vins à faible degré (9%...0%), jus de raisin, boissons à base de raisin, verjus...
  - Tentation du 'vin 100% technologique': moût de raisin + coloration + aromatisation +...?

# SEUIL DE RUPTURE & CHANGEMENT DE CLASSE

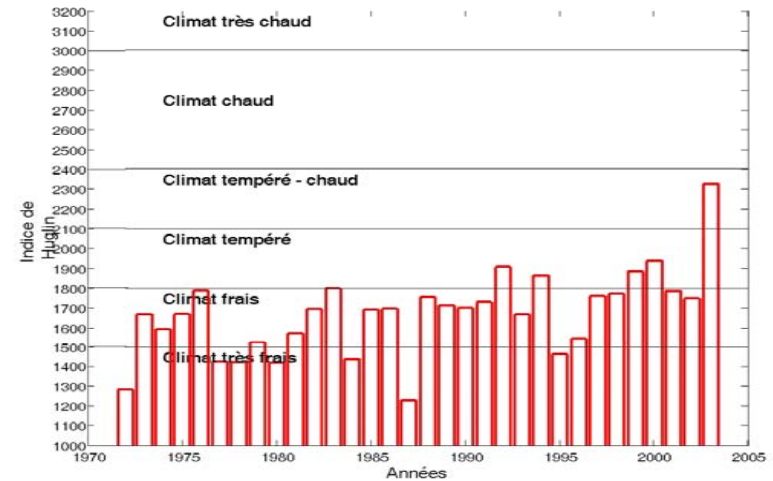


# Effets sur l'indice de Huglin (1970 à 2003)

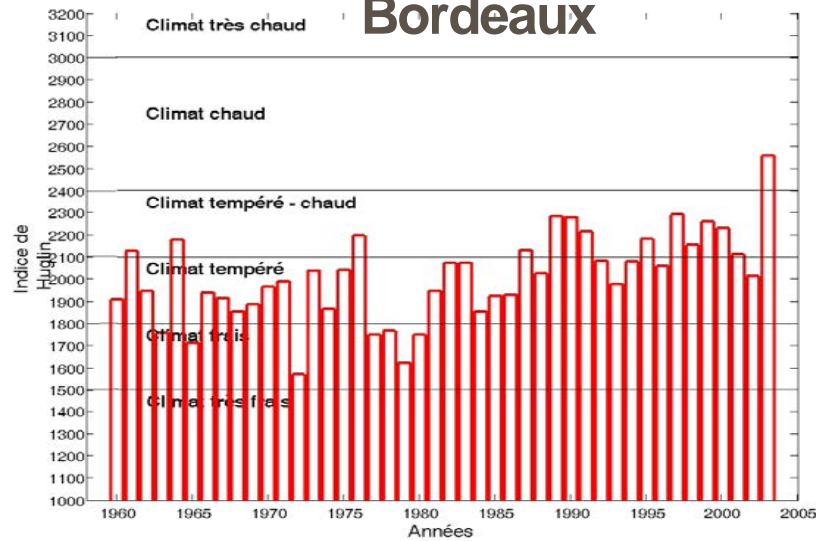
## Avignon



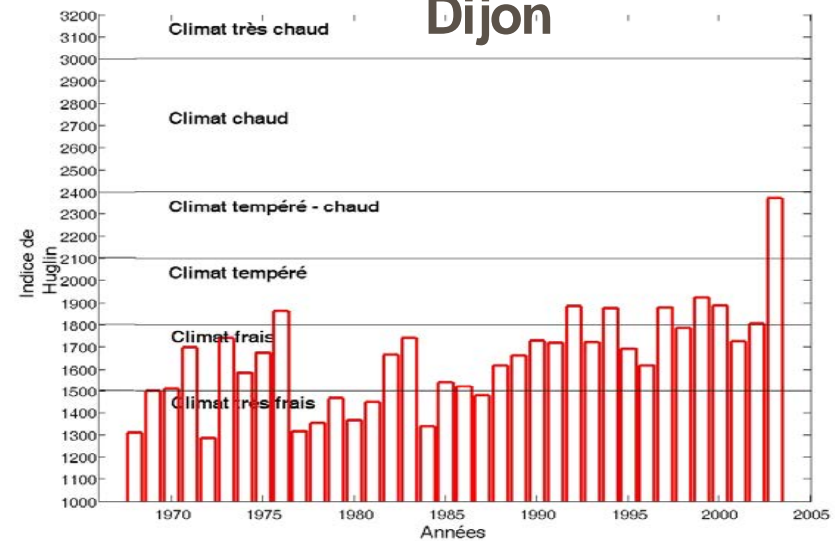
## Colmar



## Bordeaux



## Dijon



## ZONAGE VITICOLE SUR DES BASES HELIO THERMIQUES

$$\text{Indice de HUGLIN IH} = \sum_{1/4}^{30/9} \left[ \frac{(T_{mj} - 10) + (T_{xj} - 10)}{2} \right] \cdot K \quad (T_j = \text{valeurs journalières } (^{\circ}\text{C}))$$

(K = coef. longueur du jour 40° --> 1,02  
50° --> 1,06)

### I - Adaptation des cépages (IH pour avoir 180-200 g/l sucres)

|      |       |   |
|------|-------|---|
| 1500 | ----> | Muller-Thurgau, Portugais bleu  |
| 1600 | ----> | Pinot blanc, Pinot gris, Aligoté, (Chardonnay), Gewurztraminer, (Sauvignon) |
| 1700 | ----> | Pinot noir, Riesling, Sylvaner, Melon, (Gamay)                              |
| 1800 | ----> | Cabernet-franc, Blaufränkisch, (Merlot)                                     |
| 1900 | ----> | Cabernet-Sauvignon, Chenin, Sémillon, Riesling italien                      |
| 2000 | ----> | Ugni blanc, (Grenache), (Syrah)   |
| 2100 | ----> | Cinsaut   |
| 2200 | ----> | Carignan  |
| 2300 | ----> | Aramon  |

### II - Aires de culture (zones agroclimatiques IH) :

\*

- 1) < 1500 : ZONE NON VITICOLE (impossibilité absolue < 1400) [NO GRAPE GROWING]
- 2) 1500 - 1700 : ZONE FRAICHE [COOL]  
EX : Reims, Angers, Tours, Dijon, Colmar, Macon, Nantes  
Vienné
- 3) 1700 - 1900 : ZONE TEMPEREE/FRAICHE [TEMPERATE/COOL]  
EX : Cognac  
Odessa
- 4) 1900 - 2100 : ZONE TEMPEREE [TEMPERATE]  
EX : Toulouse, Bordeaux  
Kecskemet
- 5) 2100 - 2300 : ZONE TEMPEREE/CHAUDE [TEMPERATE/HOT]  
EX : Orange, Toulon, Montpellier  
Napa, Santiago, Vérone, Piéven
- 6) 2300 - 2500 : ZONE CHAUDE [HOT]  
EX : Perpignan  
Stellenbosch, Erevan, Barcelone, Bari, Cadiz
- 7) > 2500 : ZONE TRES CHAUDE [VERY HOT] (difficulté > 3000)  
EX : Mendoza, Mildura, Alger, Fresno, Athènes, Cordoba

**+ 1°C en moyenne = + 1 classe d'IH:**  
**→ B1-2050: > + 1 classe d'IH / 1980 \***  
**→ B1-2100: > + 2 classes d'IH / 1980 \***

**CONCLUSION:**

**ÉVOLUTION ou RÉVOLUTION ?**

